

**PERANAN PEMBAYANGAN PADA *COURTYARD*
TERHADAP PENGENDALIAN TEMPERATUR**
Studi Kasus:
Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang

TESIS

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Persyaratan
Program Studi Magister Teknik Arsitektur

Oleh

MOCHAMAD ATHAR JANTU
21020113410007

Pembimbing Utama:
Prof. Dr. Ing. Ir. Gagoek Hardiman

Pembimbing Pendamping:
Dr. Ir. Bambang Supriyadi, MSA.



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANAN PEMBAYANGAN PADA *COURTYARD*
TERHADAP PENGENDALIAN TEMPERATUR**
Studi Kasus: Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang

Tesis Diajukan Kepada
Program Studi Magister Teknik Arsitektur
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Oleh :

MOCHAMAD ATHAR JANTU
21020113410007

Diajukan Pada Sidang Ujian Tesis
Tanggal 28 Desember 2015

Dinyatakan Lulus
Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Magister Teknik

Semarang, 28 Desember 2015

Pembimbing Pendamping

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Bambang Supriyadi, MSA.
NIP. 195608181986031005

Prof. Dr. Ing. Ir. Gagoek Hardiman
NIP. 195308191983031001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Magister Teknik Arsitektur
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Dr. Ir. Titien Woro Murtini, MSA.
NIP. 195410231985032001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diakui dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka. Apabila dalam Tesis saya ternyata ditemui duplikasi, jiplakan (plagiat) dari Tesis orang lain/Institusi lain, maka saya bersedia menerima sanksi untuk dibatalkan kelulusan saya dan saya bersedia melepaskan gelar Magister Teknik dengan penuh rasa tanggung jawab.

Semarang, Desember 2015
Penulis,

MOCHAMAD ATHAR JANTU
NIM. 21020113410007

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, kata syukur terlantunkan kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* karena hanya dengan izin dan kehendak-Nya sehingga penulis dapat merampungkan Tesis dengan judul “**Peranan Pembayangan Pada Courtyard Terhadap Pengendalian Temperatur, Studi Kasus: Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang**” sebagai bagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Tesis ini memberikan pemaparan terhadap fenomena secara empirik yang terjadi pada area *courtyard* di daerah yang beriklim tropis lembab sehubungan dengan konsekuensinya terhadap temperatur di area sekitarnya akibat pembayangan yang terbentuk sebagai respon terhadap penetrasi radiasi matahari yang masuk kedalam bangunan.

Dalam proses menjalani masa studi hingga penyusunan tesis ini penulis telah banyak menerima bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu melalui kesempatan ini dengan segenap kerendahan hati penulis ingin menyampaikan penghargaan dan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr.Ing. Ir. Gagoek Hardiman, selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan Tesis ini.
2. Dr. Ir. Bambang Supriyadi, MSA., selaku Pembimbing Pendamping sekaligus Arsitek dari gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan Tesis ini.
3. Dr. Ir. Erni Setyowati, MT., selaku Penguji yang telah banyak memberikan wawasan dan masukan kepada penulis.
4. Dr. Ir. Titin Woro Murtini, MSA., selaku Ketua dan Dr. Ir. R. Siti Rukayah, MT., selaku Sekretaris Program Studi yang telah berkenan memberikan kesempatan bagi penulis untuk belajar di Program Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro.
5. Ketua Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan (LP2MP) dan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Diponegoro yang telah memberikan izin untuk mengadakan penelitian di Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro.
6. Seluruh Dosen Pengajar di Program Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu pengetahuan

yang tak ternilai kepada penulis selama proses pelaksanaan masa studi di jenjang magister.

7. Kepala Training Center Universitas Diponegoro atas izin penggunaan perangkat alat ukur iklim pada penelitian ini.
8. Bapak Eko Wahyudi, ST., atas bantuan penggunaan perangkat alat ukur iklim pada penelitian ini.
9. Orang tua tercinta Saad Jantu (alm) dan Sri Harty Rauf, keluarga adik ku tersayang Anna Amalya Jantu dan Suami serta si kecil Dhirar, yang senantiasa menjadi penyemangat, memberikan doa serta dukungan moril dan materil terhadap penulis.
10. Ketua Yayasan Pendidikan Duluwo Limo Lo Pohalaa Universitas Gorontalo yang telah memberikan bantuan biaya pendidikan bagi penulis dalam melanjutkan studi di jenjang magister.
11. Rektor Universitas Gorontalo yang telah memberikan dukungan dan kesempatan bagi penulis untuk dapat melanjutkan studi ke jenjang magister.
12. Dekan, Wakil Dekan, Staf dan Karyawan Fakultas Teknik serta Rekan-rekan Dosen Pengajar di Program Studi Teknik Arsitektur Universitas Gorontalo atas bantuan dan dukungannya kepada penulis.
13. Staf dan Karyawan di Program Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu selama masa studi hingga selesai di program Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro.
14. Sahabat-sahabat angkatan 2013 di Program Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro yang telah berjuang bersama-sama penulis, saling membantu, memotifasi, berbagi, bertualang serta tempat saling bertukar pikiran, wawasan dan pengalaman.
15. Pihak-pihak lainnya yang telah membantu selama proses pelaksanaan masa studi di Program Magister Teknik Arsitektur hingga penyusunan tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis agar tesis ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang memberikan perhatian terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Sains Arsitektur khususnya yang berkaitan dengan perancangan bangunan untuk wilayah beriklim tropis. Oleh karena itu ruang untuk saran dan kritik membangun tetap terbuka lebar demi memberikan kesempurnaan bagi penulisan ini.

Semarang, Desember 2015
Penulis,

***“Dan matahari berjalan pada
manzilahnya (orbitnya),
demikianlah itu ketetapan Allah
Yang Maha Perkasa lagi Maha
Mengetahui”
(QS Yaasin, ayat 38)***

*Untuk Kedua Orang Tua ku Tercinta
Saad Jantu (Alm) & Sri Harty Rauf
Serta Keluarga Besar Jantu & Rauf*

*Terimakasih untuk doa tulus
dan segalanya*

ABSTRAK

Courtyard merupakan salah satu bentuk bukaan yang telah ada sejak lampau untuk menciptakan pengkondisian di dalam bangunan, namun disatu sisi memiliki efek yakni penetrasi radiasi matahari langsung ke dalam bangunan secara berlebihan akan mengakibatkan peningkatan temperatur udara di dalam bangunan. *Courtyard* yang secara struktural saling menutupi di bagian sisi-sisinya akan saling memberikan naungan antara satu sisi dengan sisi yang lain dengan terbentuknya bidang-bidang pembayangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami seberapa besar peranan pembayangan terhadap pengendalian temperatur pada area *courtyard*. Obyek studi yang dipilih adalah *courtyard* pada gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang berdasarkan aspek letak astronomis, orientasi terhadap matahari dan aspek bentuk dan geometris *courtyard* pada gedung tersebut.

Metode analisis data dalam pembahasan secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Analisis data melalui dua tahapan yakni tahapan pertama analisis mengenai pembayangan yang terbentuk dengan melakukan simulasi dengan program komputer. Variabel bebas untuk tahapan ini yakni indeks bayangan, aspek rasio, sudut azimuth dan altitude, sudut bayangan, vegetasi serta variabel terikat adalah pembayangan yang terbentuk. Sedangkan tahapan kedua adalah analisis peranan pembayangan terhadap pengendalian temperatur, dengan variabel bebas adalah pembayangan, material permukaan pada selubung dalam dan permukaan lansekap pada area *courtyard* dan variabel terikat yakni suhu permukaan dan temperatur udara. Data diperoleh dari pengamatan dan pengukuran langsung pada obyek studi dengan menentukan titik-titik ukur pada area tengah *courtyard*, area koridor lantai I dan koridor lantai II di sekitar *courtyard*.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penetrasi radiasi matahari ke dalam area *courtyard* berlangsung selama 8 jam dimana puncak radiasi terjadi pada jam 12.00. Aspek rasio menunjukkan perbandingan 25:1 sedangkan indeks bayangan yang terbentuk oleh struktur bangunan sebesar 43% ditambah dengan pembayangan oleh elemen vegetasi membentuk bidang terbayangi dan tersinari dengan durasi bidang tersinari selama 1-5 jam dan bidang terbayangi antara 1-10 jam. Bidang-bidang pembayangan tersebut berperan mengendalikan terjadinya peningkatan suhu permukaan pada setiap bidang yang diukur, hal ini ditunjukkan oleh puncak tertinggi suhu permukaan menjadi bervariasi sehingga tidak terjadi pada waktu yang bersamaan dengan peningkatan intensitas radiasi matahari. Dari hasil penelitian ini pula menunjukkan bahwa pembayangan efektif mengendalikan temperatur udara di lantai I sebelum jam 12.00 hingga jam 14.00 dan sebelum jam 13.00 hingga jam 15.00 di lantai II.

Kata Kunci: *Courtyard*, Pembayangan, Temperatur

ABSTRACT

Courtyard is the one of opening area at building that have been exist to create conditioning inside the building since the past, however on the other hand it can be increase the temperature due to the effect of solar radiation penetrating directly into the building. Stucturally courtyard covering each side one another will provide shade from one side to the other side by the formation of shading areas. The purpose of this research is to understand how great a role of shading to control temperature around the courtyard area. The selected object to study is the courtyard in Widya Puraya Building at Diponegoro University based on the location of the astronomical aspect, orientation to the sun, geometric and form aspects of courtyard in that building.

Methods of data analysis in the discussion by quantitative and qualitative descriptive. Analysis through two steps, first step is the analysis of the shading simulations by computer program. The independent variable for this step are shading index, aspect ratio, azimuth and altitude angle, shadow angle, vegetation, and the dependent variable is the shadow that formed. While the second step is the analysis of the role of shading to control temperature, the independent variable are the shadow that formed, the surface material of internal envelope and the surface of landscape material in the courtyard area and the dependent variable are surface temperature and air temperature. Data were obtained from observations and measurements on the object study by determine the points measured in the middle of the courtyard area, on the first and second floor corridor area around the courtyard.

The results showed that the penetration of solar radiation into the area courtyard lasted for 8 hours where the peak radiation occurs at 12:00 pm. Aspect ratio shows 25:1 while the index of the shadow that formed by the structure is 43% and additional of shading by vegetation has forming shade area and illuminate area with duration of illuminated between 1-5 hours and shade area between 1-10 hours. Shade area contributes to control the increase of the surface temperature that measured, this is indicated that the highest peak of surface temperature be varied so it does not happen at the same time with the encrease of solar radiation intensity. The results of this study also indicate that shading is effective to control the air temperature at the first floor before 12.00 pm to 14.00 pm and before 13.00 pm to 15:00 pm on the second floor.

Key Words: Courtyard, Shading, Temperature

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR DIAGRAM	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	7
1.6. Batasan Penelitian	8
1.7. Sistematika Pembahasan	9
BAB II KAJIAN TEORI	11
2.1. Faktor-faktor Iklim Tropis Yang Mempengaruhi Perancangan Bangunan	11
2.1.1. Radiasi Matahari	12
2.1.2. Temperatur	17
2.1.3. Gerakan Udara	19
2.1.4. Kelembaban	23
2.2. Sistem Pembayangan Pada Daerah Tropis	25
2.2.1. Pola dan Bidang Pembayangan	25

2.2.2. Penentuan Sudut-sudut Pembayangan.....	26
2.2.3. Simulasi Pembayangan.....	28
2.3. <i>Courtyard</i> Dalam Dimensi Iklim dan Lingkungan.....	31
2.4. Hipotesis.....	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1. Pendekatan Penelitian.....	36
3.2. Kerangka Pikir Penelitian.....	37
3.3. Variabel Penelitian.....	38
3.4. Instrumen Penelitian.....	39
3.5. Teknik Pengumpulan Data	40
3.6. Langkah Kerja Penelitian.....	40
3.7. Analisis Data dan Pengujian Hipotesis	47
BAB IV GAMBARAN UMUM STUDI KASUS	48
4.1. Lokasi Penelitian	48
4.1.1. Kondisi Lingkungan	49
4.1.2. Orientasi Bangunan.....	51
4.2. <i>Courtyard</i> Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang	52
4.2.1. Bentuk dan Dimensi	52
4.2.2. Selubung Bangunan Pembentuk Area <i>Courtyard</i>	53
4.2.3. Elemen Lansekap.....	57
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	59
5.1. Identifikasi Obyek Pengamatan	59
5.1.1. Area Lantai I	59
5.1.2. Area Lantai II	64
5.2. Analisis Pembayangan Pada Area <i>Courtyard</i>	68
5.2.1. Analisis Sudut Jatuh Matahari dan Sudut Bayangan.....	69
5.2.2. Analisis Bidang Pembayangan	75
5.2.3. Rekapitulasi Hasil Analisis Bidang Pembayangan	102
5.3. Analisis Pembentukan Iklim Pada Area <i>Courtyard</i>	108

5.3.1. Intensitas Radiasi Matahari	108
5.3.2. Pergerakan Udara	109
5.3.3. Suhu Permukaan.....	111
5.3.4. Temperatur Udara dan Kelembaban	132
5.4. Hasil Analisis.....	146
5.4.1. Pembayangan Pada Area <i>Courtyard</i> Gedung Widya Puraya .	146
5.4.2. Peranan Pembayangan Terhadap Pengendalian Temperatur Pada Area Sekitar <i>Courtyard</i>	147
BAB VI_PENUTUP	151
6.1. Kesimpulan	151
6.2. Rekomendasi.....	152
DAFTAR PUSTAKA.....	155
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Pembagian Daerah Iklim Di Dunia.....	2
Gambar 1.2.	Ilustrasi Pembayangan Pada <i>Courtyard</i> Menurut Waktu.....	4
Gambar 2.1.	Persentase Radiasi Matahari Yang Melewati Atmosfer Bumi.....	12
Gambar 2.2.	Sudut Deklinasi Yang Terbentuk Antara Bumi dan Matahari.....	14
Gambar 2.3.	Intensitas Radiasi Panas Matahari.....	15
Gambar 2.4.	Sudut Altitude Radiasi Sinar Matahari.....	16
Gambar 2.5.	Hubungan Sudut Jatuh, Jarak dan Intensitas Radiasi Matahari.....	17
Gambar 2.6.	Variasi Tingkat Tekanan Udara Menyebabkan Pergerakan Udara.....	20
Gambar 2.7.	Gesekan Dapat Mereduksi Kecepatan Angin.....	21
Gambar 2.8.	Tekanan Angin di Sekitar Bangunan.....	21
Gambar 2.9.	Area Yang Tidak Terkena Angin Berhubungan Dengan Lebar dan Tinggi Bangunan.....	22
Gambar 2.10.	Sudut Azimut Dan Altitud Matahari.....	27
Gambar 2.11.	Diagram Matahari (<i>Solar Chart</i>).....	27
Gambar 2.12.	Busur Bayangan (<i>Solar Angle</i>).....	28
Gambar 2.13.	Simulasi Bayangan Pada Program <i>Google Sketchup 8</i>	29
Gambar 2.14.	Penentuan Letak Geografis Pada Program <i>Google Sketchup 8</i>	29
Gambar 2.15.	Penentuan Posisi Matahari Terhadap Obyek Dengan Program <i>Ecotect 2011</i>	31

Gambar 2.16. Mekanisme Dasar Pengikliman pada <i>Courtyard</i> Kecil.....	33
Gambar 2.17. Mekanisme Dasar Pengikliman pada <i>Courtyard</i> Besar.....	33
Gambar 3.1. Posisi Titik Ukur di Area Lantai I.....	41
Gambar 3.2. Titik Ukur Pada Bagian Tengah <i>Courtyard</i>	42
Gambar 3.3. Titik Ukur Pada Koridor Bagian Depan Lt. I.....	42
Gambar 3.4. Titik Ukur Pada Koridor Bagian Kanan dan Kiri Lt. I.....	43
Gambar 3.5. Titik Ukur Pada Koridor Bagian Belakang Lt. I.....	43
Gambar 3.6. Posisi Titik Ukur di Area Lantai II.....	44
Gambar 3.7. Titik Ukur Pada Koridor Bagian Depan Lt. II.....	44
Gambar 3.8. Titik Ukur Pada Koridor Bagian Kanan dan Kiri Lt. II.....	45
Gambar 3.9. Titik Ukur Pada Koridor Bagian Belakang Lt. II.....	45
Gambar 3.10. Denah LT.I dan LT. II Titik Ukur Untuk Kondisi Iklim Mikro Area <i>Courtyard</i>	46
Gambar 3.11. Potongan A-A Posisi Titik Ukur Untuk Kondisi Iklim Mikro Area <i>Courtyard</i>	46
Gambar 3.12. Potongan B-B Posisi Titik Ukur Untuk Kondisi Iklim Mikro Area <i>Courtyard</i>	46
Gambar 4.1. Letak Astronomis Kawasan Universitas Diponegoro Semarang.....	48
Gambar 4.2. Tampak Depan Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang.....	49
Gambar 4.3. Sketsa Topografi Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang.....	50
Gambar 4.4. Sebaran Elemen Vegetasi Di Luar Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang....	50

Gambar 4.5.	Orientasi Bangunan Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang.....	51
Gambar 4.6.	Denah Lt. 01 Area <i>Courtyard</i> Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang.....	52
Gambar 4.7.	Denah Lt. 02 Area <i>Courtyard</i> Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang.....	53
Gambar 4.8.	Fasad Arah Tenggara Area <i>Courtyard</i>	54
Gambar 4.9.	Fasad Arah Timur Laut Area <i>Courtyard</i>	55
Gambar 4.10.	Fasad Arah Barat Daya Area <i>Courtyard</i>	56
Gambar 4.11.	Fasad Arah Barat Laut Area <i>Courtyard</i>	57
Gambar 4.12.	Elemen Lansekap Pada Area <i>Courtyard</i> Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang.....	58
Gambar 5.1.	Potongan Melintang Area <i>Courtyard</i> Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang.....	60
Gambar 5.2.	Material Permukaan di <i>Courtyard</i> Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang.....	60
Gambar 5.3.	Material Permukaan di Area <i>Main Hall</i> (Koridor Bagian Depan Lantai I).....	61
Gambar 5.4.	Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kanan Lantai I.....	62
Gambar 5.5.	Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kiri Lantai I.....	63
Gambar 5.6.	Material Permukaan di Area Koridor Bagian Belakang Lantai I.....	64
Gambar 5.7.	Material Permukaan di Area Koridor Bagian Depan Lantai II.....	65
Gambar 5.8.	Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kanan Lantai II.....	66
Gambar 5.9.	Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kiri Lantai II.....	67

Gambar 5.10.	Material Permukaan di Area Koridor Bagian Belakang Lantai II.....	68
Gambar 5.11.	Simulasi Posisi Matahari Terhadap Obyek Pada Tanggal 4 Juni 2015.....	70
Gambar 5.12.	Simulasi Posisi Matahari Terhadap Obyek Pada Tanggal 5 Juni 2015.....	71
Gambar 5.13.	Sudut Bayangan Vertikal Pada Fasad Kanan dan Kiri Tanggal 4 Juni 2015.....	73
Gambar 5.14.	Sudut Bayangan Vertikal Pada Fasad Kanan dan Kiri Tanggal 5 Juni 2015.....	74
Gambar 5.15.	Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 07.00 - 09.00 WIB.....	76
Gambar 5.16.	Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 07.00 - 09.00 WIB.....	77
Gambar 5.17.	Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 10.00 - 12.00 WIB.....	77
Gambar 5.18.	Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 10.00 - 12.00 WIB.....	78
Gambar 5.19.	Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 13.00 - 15.00 WIB.....	79
Gambar 5.20.	Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 13.00 - 14.00 WIB.....	80
Gambar 5.21.	Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 16.00 - 17.00 WIB.....	80
Gambar 5.22.	Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015 Jam 15.00 - 17.00 WIB.....	81
Gambar 5.23.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 07.00 - 10.00 WIB.....	81
Gambar 5.24.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 11.00 - 13.00 WIB.....	83

Gambar 5.25.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 11.00 - 13.00 WIB.....	83
Gambar 5.26.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 14.00 - 16.00 WIB.....	84
Gambar 5.27.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 14.00 - 16.00 WIB.....	84
Gambar 5.28.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 17.00 WIB.....	85
Gambar 5.29.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 07.00 - 14.00 WIB.....	86
Gambar 5.30.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 12.00 - 13.00 WIB.....	86
Gambar 5.31.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 15.00 - 17.00 WIB.....	87
Gambar 5.32.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015 Jam 14.00 - 15.00 WIB.....	87
Gambar 5.33.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015 Jam 07.00 - 08.00 WIB.....	88
Gambar 5.34.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015 Jam 07.00 - 08.00 WIB.....	89
Gambar 5.35.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015 Jam 09.00 - 11.00 WIB.....	90
Gambar 5.36.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015 Jam 09.00 - 11.00 WIB.....	90
Gambar 5.37.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015 Jam 12.00 - 17.00 WIB.....	91
Gambar 5.38.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015 Jam 12.00, 13.00 dan 16.00 WIB.....	91
Gambar 5.39.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Belakang Lt. I 4 Juni 2015 Jam 07.00 - 17.00 WIB...	92

Gambar 5.40.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015 Jam 07.00 - 14.00 WIB.....	93
Gambar 5.41.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015 Jam 15.00 - 16.00 WIB.....	94
Gambar 5.42.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015 Jam 14.00 – 15.00 WIB.....	94
Gambar 5.43.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015 Jam 17.00 WIB.....	95
Gambar 5.44.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015 Jam 16.00 – 17.00 WIB.....	95
Gambar 5.45.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. II 5 Juni 2015 Jam 07.00 - 17.00 WIB.....	96
Gambar 5.46.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. II 5 Juni 2015 Jam 15.00 – 17.00 WIB.....	97
Gambar 5.47.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015 Jam 07.00 - 09.00 WIB.....	98
Gambar 5.48.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015 Jam 08.00 WIB.....	98
Gambar 5.49.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015 Jam 08.00 WIB.....	99
Gambar 5.50.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015 Jam 10.00 - 17.00 WIB.....	100
Gambar 5.51.	Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015 Jam 09.00 - 10.00 WIB.....	100
Gambar 5.52.	Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015 Jam 07.00 - 17.00 WIB.....	101
Gambar 5.53.	Prediksi Pola Gerakan Angin di Luar Bangunan Widya Puraya Tanggal 4 dan 5 Juni 2014.....	109
Gambar 5.54.	Prediksi Pola Gerakan Udara Di Sekitar Area <i>Courtyard</i> Tanggal 4 dan 5 Juni 2015.....	110

Gambar 5.55. Prediksi Pola Gerakan Udara Di Area Bukaannya Pada <i>Courtyard</i> Tanggal 4 dan 5 Juni 2015.....	110
Gambar 5.56. Posisi Titik Ukur di Area Tengah <i>Courtyard</i>	132
Gambar 5.57. Posisi Titik Ukur di Area Koridor Lantai I.....	137
Gambar 5.58. Posisi Titik Ukur di Area Koridor Lantai II.....	142
Gambar 6.1. Fasad-fasad Pada <i>Courtyard</i> Yang Perlu Mendapat Perhatian.....	153
Gambar 6.2. Rekomendasi Penempatan Elemen Vegetasi Untuk Pembayangan.....	154

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Skala Gaya Angin Beaufort.....	23
Tabel 5.1.	Azimut dan Altitud Pada Hari Kamis Tanggal 4 Juni 2015.....	69
Tabel 5.2.	Azimut dan Altitud Pada Hari Jumat Tanggal 5 Juni Tanggal 4 dan 5 Juni 2015.....	70
Tabel 5.3.	Sudut Bayangan Pada Hari Kamis Tanggal 4 Juni 2015.....	72
Tabel 5.4.	Sudut Bayangan Pada Hari Jumat Tanggal 5 Juni 2015.....	72
Tabel 5.5.	Rekapitulasi Analisis Bidang Pembayangan.....	102
Tabel 5.6.	Durasi Pembayangan Pada Lantai I.....	106
Tabel 5.7.	Durasi Pembayangan Pada Lantai II.....	107
Tabel 5.8.	Suhu Permukaan Rata-rata Kerikil 4 Juni 2015.....	112
Tabel 5.9.	Suhu Permukaan Rumput 4 Juni 2015.....	114
Tabel 5.10.	Suhu Permukaan Saluran Beton 4 Juni 2015.....	116
Tabel 5.11.	Suhu Permukaan Air Kolam 4 Juni 2015.....	118
Tabel 5.12.	Suhu Permukaan Granit Lantai I 4 Juni 2015.....	119
Tabel 5.13.	Suhu Permukaan Dinding Tepi dan Dinding Batas Lantai 4 Juni 2015.....	122
Tabel 5.14.	Suhu Permukaan Kolom Beton 4 Juni 2015.....	124
Tabel 5.15.	Suhu Permukaan Dinding Kaca 4 Juni 2015.....	126
Tabel 5.16.	Suhu Permukaan Granit Lantai II 5 Juni 2015.....	128
Tabel 5.17.	Suhu Permukaan Dinding Balkon Lantai II 4 Juni 201.....	130
Tabel 5.18.	Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH) Rata-rata di Area Tengah <i>Courtyard</i>	133

Tabel 5.19.	Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH) Rata-rata di Area Koridor Lantai I 4 Juni 2015.....	137
Tabel 5.20.	Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH) Rata-rata di Area Koridor Lantai II 5 Juni 2015.....	142
Tabel 6.1.	Tingkat Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH) Terendah dan Tertinggi.....	149

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 2.1. Grafik Lama Waktu Penyinaran Berkaitan Dengan Letak Geografis.....	14
Diagram 2.2. Kelembaban Nisbi dan Titik Jenuh.....	24
Diagram 2.3. Grafik Kelembaban Relatif.....	24
Diagram 3.1. Diagram Alur Pikir Penelitian.....	37
Diagram 5.1. Grafik Intensitas Radiasi Matahari 4 Juni 2015.....	108
Diagram 5.2. Perbandingan Suhu Permukaan Kerikil di Area Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015.....	112
Diagram 5.3. Perbandingan Suhu Permukaan Rumput di Area Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015.....	114
Diagram 5.4. Perbandingan Suhu Permukaan Saluran Beton di Area Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015.....	116
Diagram 5.5. Suhu Permukaan Air Kolam di Area Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015.....	118
Diagram 5.6. Perbandingan Suhu Permukaan Lantai Granit Pada Area Koridor Lantai I 4 Juni 2015.....	119
Diagram 5.7. Perbandingan Suhu Permukaan Dinding Tepi Lantai Pada Area Koridor Lantai I 4 Juni 2015...	123
Diagram 5.8. Perbandingan Suhu Permukaan Kolom di Area Koridor Lantai I 4 Juni 2015.....	124
Diagram 5.9. Perbandingan Suhu Permukaan Dinding Kaca Luar dan Dalam di Area Koridor Depan Lantai I 4 Juni 2015....	127
Diagram 5.10. Perbandingan Suhu Permukaan Lantai Granit Pada Area Koridor Lantai II 5 Juni 2015.....	128
Diagram 5.11. Perbandingan Suhu Permukaan Dinding Balkon Area Koridor Lantai II 5 Juni 2015.....	130

Diagram 5.12. Perbandingan Tingkat Temperatur Udara Area Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015.....	134
Diagram 5.13. Perbandingan Tingkat Kelembaban Relatif Area Tengah <i>Courtyard</i> 4 Juni 2015.....	135
Diagram 5.14. Perbandingan Tingkat Temperatur Udara di Tiap Koridor Lantai I 4 Juni 2015.....	138
Diagram 5.15. Perbandingan Tingkat Kelembaban Relatif di Tiap Koridor Lantai I 4 Juni 2015.....	141
Diagram 5.16. Perbandingan Tingkat Temperatur Udara di Tiap Koridor Lantai II 5 Juni 2015.....	143
Diagram 5.17. Perbandingan Tingkat Kelembaban Relatif di Tiap Koridor Lantai II 5 Juni 2015.....	145

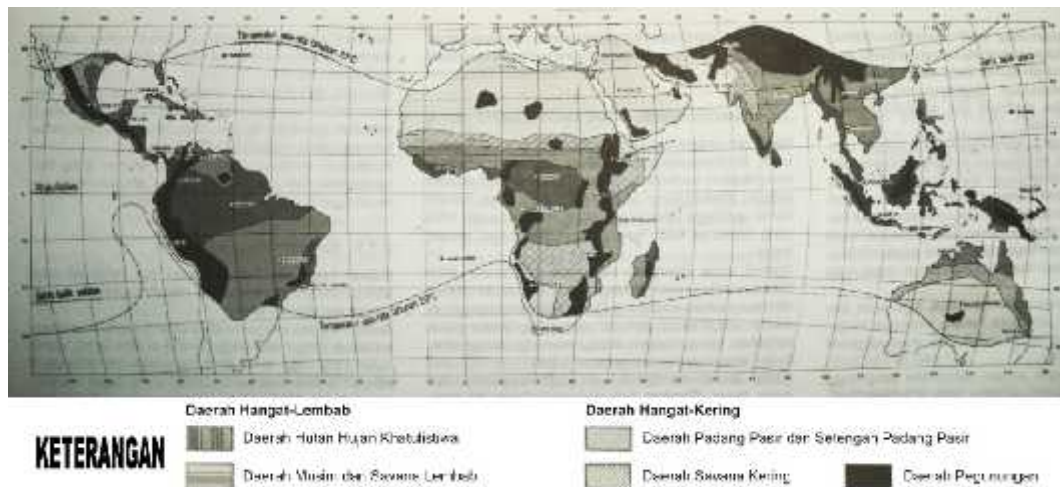
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Letak geografis Indonesia yang berada pada zona antara garis balik utara (*cancer*) dan garis balik selatan (*capricorn*) menjadikan Indonesia termasuk pada daerah yang beriklim tropis lembab. Secara umum, permasalahan iklim yang dihadapi oleh daerah tropis lembab adalah radiasi matahari yang berlebihan serta tingkat kelembaban udara yang tinggi (Olgyay, 1962). Radiasi matahari yang berlebihan ini yakni dicirikan dengan memiliki temperatur sangat panas dan terlalu cerah atau menyilaukan (Fry dan Drew, 1956). Selain itu karakteristik iklim di daerah tropis lembab yakni tingkat presipitasi dan kelembaban yang tinggi menyebabkan pertukaran panas kecil dan kondisi temperatur yang selalu tinggi, hembusan angin sedikit sedangkan radiasi matahari antara sedang dan kuat (Lippsmeier, 1980).

Dengan kondisi iklim tersebut maka berbagai persoalan muncul dan menimbulkan pengaruh bagi bangunan diantaranya adalah peningkatan suhu termal di dalam ruangan. Oleh karena itu rancangan bangunan yang tepat diterapkan seyogyanya responsif terhadap iklim, diantaranya dengan memperbanyak bukaan sehingga menjamin sirkulasi udara yang baik terjadi di dalam bangunan.



GAMBAR 1.1.
Pembagian Daerah Iklim di Dunia
Sumber: Lippsmeier, 1980

Salah satu bentuk rancangan penghawaan secara pasif ini berupa area terbuka di dalam bangunan yang sering dijumpai pada rumah tinggal maupun bangunan umum. Bukan ini disebut dengan istilah “*courtyard*”. Dalam *Dictionary of Landscape Architecture and Building Construction* (Chistensen, 2005) dan *Dictionary of Architecture and Building Construction* (Davies dan Jokiniemi, 2008) secara istilah *courtyard* adalah sebuah area terbuka yang dikelilingi oleh dinding, bangunan atau struktur.

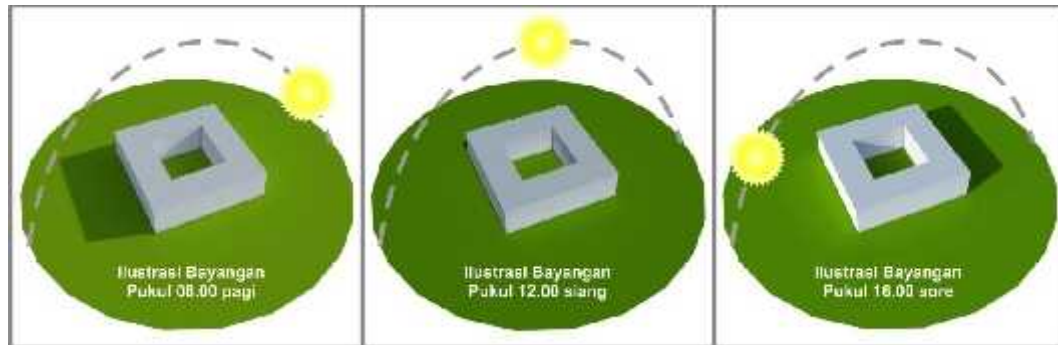
Courtyard merupakan bentuk komponen bangunan tradisional yang telah berabad lamanya dan berasal dari wilayah Timur Tengah yang secara khusus terbentuk akibat pengaruh kultur dan iklim di wilayah tersebut (Edwards et.al ed, 2006). Wilayah Timur Tengah sendiri berada pada zona daerah tropis namun memiliki karakter iklim tropis kering. Pada perkembangannya penggunaan *courtyard* sebagai elemen bukaan di

dalam bangunan telah secara meluas diberbagai tempat dengan keragaman karakteristik iklim.

Sebagai elemen bukaan tentunya *courtyard* akan memberikan jalan yang cukup besar untuk penetrasi radiasi matahari kedalam bangunan, dimana kita ketahui bahwa salah satu ciri khas daerah tropis adalah tingginya radiasi matahari. Kinerja termal oleh *courtyard* dipengaruhi penetrasi radiasi matahari pada selubung internal bangunan, hal ini tergantung pada aspek geometris dari *courtyard* tersebut serta posisi matahari (Muhaisen, 2006). Akibat penetrasi radiasi matahari tersebut akan merubah iklim mikro dengan ditandai meningkatnya temperatur udara di dalam bangunan. Peningkatan temperatur udara dapat diatasi dengan adanya naungan pada bagian-bagian yang terkena sinar matahari.

Courtyard yang secara struktural saling menutupi di bagian sisi-sisinya akan saling memberikan naungan antara satu sisi dengan sisi yang lain. Naungan tersebut menciptakan pola bayangan dimana terbentuk bidang yang tersinari dan bidang terbayangi. Pola ini berubah-ubah setiap jamnya sesuai dengan pergerakan matahari. Daerah yang terbayangi dan tidak terbayangi tentunya memiliki perbedaan secara signifikan terhadap temperatur permukaan bidangnya dan secara umum dapat mempengaruhi tingkat temperatur di dalam bangunan di area *courtyard* tersebut., Pembayangan dapat mencegah penyerapan panas oleh bidang permukaan sehingga kenaikan temperatur permukaan yang

dapat berpengaruh pada meningkatnya temperatur udara dan kelembaban (Muhaisen, 2006).



GAMBAR 1.2.
Ilustrasi Pembayangan Pada *Courtyard* Menurut Waktu
Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

Di kawasan kampus Universitas Diponegoro yang berlokasi di Kecamatan Tembalang Kota Semarang terdapat sebuah bernama Widya Puraya yang merupakan lanmark kawasan. Di area ini terdapat dua rangkaian bangunan utama yang terdiri dari bangunan belakang berfungsi sebagai perpustakaan dan bangunan depan berfungsi sebagai kantor Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan (LP2MP) dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) beserta unit-unit kerjanya masing-masing. Pada gedung bagian depan tersebut terdapat sebuah *courtyard* dilengkapi dengan elemen vegetasi dan kolam hias. Selain sebagai fungsi aktifitas perkantoran, gedung berlantai dua ini juga sering digunakan untuk kegiatan-kegiatan pertemuan seperti seminar, simposium, workshop serta kegiatan pameran. Pada gedung bagian depan, khususnya pada area *courtyard* penelitian ini difokuskan.

Letak gedung Widya Puraya yang berada pada daerah berkontur dengan sejumlah elemen vegetasi di sekeliling bangunan tentunya akan menciptakan iklim mikro tersendiri di luar bangunan terutama terhadap pola gerakan udara. Kondisi permukaan tanah berpengaruh besar perilaku aliran udara, dimana kontur dapat mempercepat bahkan memperlambat aliran udara serta mempengaruhi perubahan aliran udara terkait kecepatan, pola dan kualitas aliran udara, elemen vegetasi seperti pepohonan juga akan ikut mempengaruhi pola pergerakan udara (Boutet, 1987).

Gerakan udara yang terjadi di luar bangunan akan berpengaruh juga di dalam bangunan sesuai dengan kondisi bukaan-bukaan yang memungkinkan masuknya angin ke dalam bangunan. Dalam hal ini, *courtyard* juga berperan sebagai elemen bukaan tempat udara bergerak keluar masuk bangunan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Rajapaksa menyimpulkan bahwa *courtyard* berpengaruh pada terjadinya pertukaran udara panas sehingga menurunkan tingkat temperatur udara di dalam bangunan pada siang hari. Pengaruh tersebut ditunjukkan oleh adanya hubungan antara potensi *courtyard* sebagai bentuk strategi penghawaan pasif dengan pola aliran udara di dalam ruangan (Rajapaksha et.al, 2003).

Dari pemaparan di atas mengenai aspek geometris *courtyard*, pembayangan yang terbentuk pada area *courtyard*, serta potensi iklim mikro di luar bangunan Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang tersebut menjadi hal yang menarik untuk diteliti lebih jauh guna

membuktikan teori bahwa pembayangan yang terjadi di area *courtyard* dapat mengendalikan temperatur di dalam bangunan terutama di area sekitar *courtyard* tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian yang telah dijelaskan pada bagian latar belakang permasalahan maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah seberapa besar peranan pembayangan terhadap pengendalian temperatur pada area *courtyard* di dalam bangunan gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang.

1.3. Tujuan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan yang ada berdasarkan rumusan masalah yang merupakan intisari dari latar belakang pada bagian sebelumnya, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu untuk memahami seberapa besar peranan pembayangan terhadap pengendalian temperatur pada area *courtyard* di dalam gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang.

1.4. Manfaat Penelitian

Seluruh hasil yang didapatkan dari penelitian ini, baik yang berupa rumusan-rumusan, pembuktian teori maupun temuan-temuan tertentu, diharapkan dapat:

- a. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan serta menjadi landasan untuk penelitian lebih lanjut mengenai bangunan yang tanggap iklim khususnya di daerah tropis lembab.
- b. Memberikan sumbang dan masukan secara konseptual bagi bidang rancang bangun mengenai desain pasif bangunan yang tanggap iklim khususnya di daerah tropis lembab yang terkait dengan penggunaan *courtyard* sebagai komponen bukaan pada bangunan.
- c. Memberikan masukan berupa informasi kepada pemerintah dan masyarakat dalam setiap pembangunan agar dapat selalu mempertimbangkan faktor-faktor iklim demi terwujudnya cita-cita pembangunan yang berkelanjutan.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Secara substansial ruang lingkup penelitian difokuskan pada kajian secara kuantitatif mengenai pembayangan yang terjadi terhadap pengendalian temperatur di dalam bangunan sekitar *courtyard* melalui pengukuran terhadap tingkat radiasi matahari, suhu permukaan, temperatur udara, kelembaban, pergerakan udara di sekitar *courtyard* pada gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang yang sebelumnya di dahului dengan mensimulasikan bayangan yang terbentuk setiap jam dengan menggunakan program komputer.

1.6. Batasan Penelitian

Penelitian yang akan meninjau sejauh mana peranan pembayangan yang terbentuk pada area *courtyard* di Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang terhdap pengendalian temperatur di sekitarnya memiliki batasan penelitian sesuai dengan judul penelitian yakni sebagai berikut:

- Peranan pembayangan yang dimaksud adalah bagaimana pengaruh pola gelap dan terang pada bidang-bidang permukaan di area *courtyard* akibat terpaan radiasi matahari secara langsung maupun yang ternaungi terhadap temperatur.
- *Courtyard* yang dimaksud adalah terkait dengan fungsi dari *courtyard* sebagai bukaan untuk penghawaan alami di dalam bangunan. *Courtyard* sendiri dalam *Dictionary of Landscape Architecture and Building Construction* (Chistensen, 2005) dan *Dictionary of Architecture and Building Construction* (Davies dan Jokiniemi, 2008) adalah sebuah area terbuka yang dikelilingi oleh dinding, bangunan atau struktur.
- Pengendalian Temperatur yang dimaksud adalah kondisi tingkat temperatur yang terbentuk di dalam bangunan di sekitar area *courtyard* meliputi suhu permukaan dan temperatur udara.
- Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang yang dimaksud adalah bangunan gedung bagian depan dari rangkaian bangunan di area Widya Puraya yang berada di kawasan kampus Universitas Diponegoro Semarang di Kecamatan Tembalang dan

merupakan bangunan yang difungsikan sebagai kantor Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan (LP2MP) dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) beserta unit kerja masing-masing, juga sering digunakan untuk kegiatan-kegiatan pertemuan seperti seminar, simposium, dan workshop serta kegiatan pameran. Penelitian ini difokuskan pada area *courtyard* di gedung tersebut.

1.7. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan di dalam tesis ini disusun dalam enam bab yang garis besarnya diuraikan seperti berikut ini:

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang yang menjadi landasan pikir dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat dari penelitian, ruang lingkup, ruang lingkup penelitian serta sistematika pembahasan.

BAB II KAJIAN TEORI

Berisi teori-teori yang relevan serta mendukung terhadap pemecahan masalah penelitian yang meliputi teori mengenai iklim tropis lembab, sistem pembayangan, sifat-sifat bahan dan penyerapan panas serta teori tentang *courtyard* yang ditinjau dari aspek iklim dan lingkungan.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang pendekatan penelitian yang diterapkan, kerangka pikir penelitian, variabel-variabel penelitian, instrumen yang digunakan dalam pengambilan data dan teknik mengumpulkan data, uraian langkah kerja penelitian serta metode analisis data untuk menguji hipotesis.

BAB IV GAMBARAN UMUM STUDI KASUS

Memaparkan tentang gambaran studi pada penelitian ini yakni gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro meliputi kondisi lingkungan, orientasi bangunan serta lebih jauh mengenai kondisi fisik *courtyard* yang ada di dalam gedung tersebut meliputi bentuk dan dimensinya, selubung bangunan dan elemen-elemen lansekapnya.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Menguraikan tentang analisis pembayangan yang terjadi di area *courtyard* yang terbentuk dari sudut-sudut pembayangan terhadap bentuk struktur bangunan serta analisis peranan pembayangan tersebut terhadap pengendalian temperatur di area tersebut.

BAB VI PENUTUP

Merupakan bagian akhir dari tesis yang berisi kesimpulan dari hasil pembahasan penelitian serta rekomendasi yang ditujukan baik terhadap obyek penelitian, terhadap pengembangan penelitian selanjutnya serta untuk bidang perencanaan dan perancangan bangunan yang tanggap iklim khususnya iklim tropis lembab.

BAB II

KAJIAN TEORI

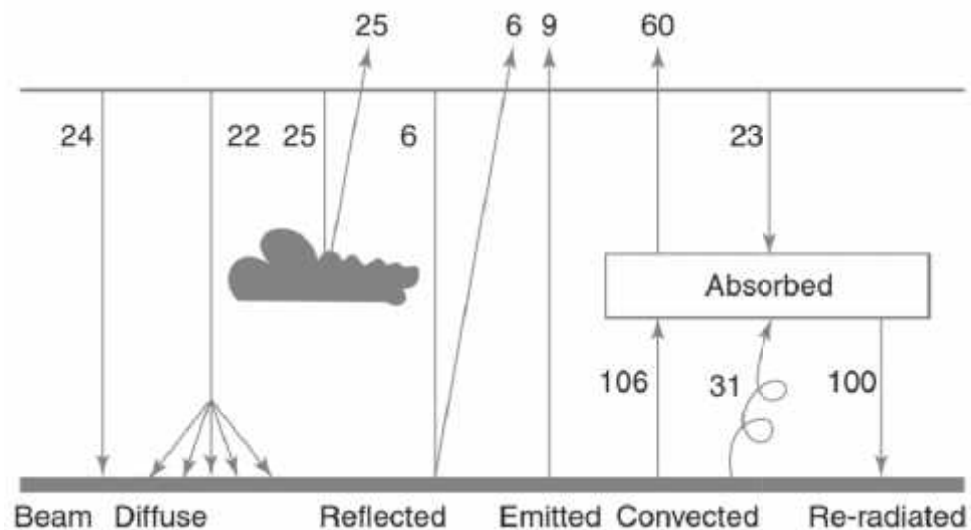
2.1. Faktor-faktor Iklim Tropis Yang Mempengaruhi Perancangan Bangunan

Di setiap tempat di muka bumi ini memiliki kondisi iklim yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh keadaan topografis bumi serta dinamika perubahan peradaban yang terjadi di muka bumi tersebut (Lippsmeier, 1980). Perbedaan kondisi iklim ini yang kemudian ikut berpengaruh besar pada bentuk-bentuk bangunan yang menjadi tempat perlindungan manusia dari pengaruh luar termasuk iklim tersebut sekaligus tempat manusia melakukan aktifitas keseharian. Aspek iklim sangat mempengaruhi manusia dalam menciptakan bentuk-bentuk yang dapat menyesuaikan dengan kondisi setempat (Rapoport, 1969).

Secara umum, unsur-unsur alam yang mempengaruhi kondisi iklim ada tiga yakni, radiasi matahari, angin dan kelembaban dalam bentuk uap air, hujan dan salju. Pengaruh masing-masing unsur tersebut terhadap bangunan tergantung pada letak geografis, topografi, ketinggian, keadaan permukaan bumi serta penghijauan di sekeliling bangunan (Frick et.al, 2008)

2.1.1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan penyebab dari semua ciri umum iklim serta memberikan pengaruh yang besar terhadap kehidupan manusia (Lippsmeier, 1980). Energi panas yang dimiliki oleh bumi hampir seluruhnya berasal dari radiasi matahari. Dari keseluruhan jumlah radiasi yang dipancarkan oleh matahari, hanya sebagian saja yang dapat melewati atmosfer bumi. Radiasi matahari yang melewati atmosfer bumi hingga ke permukaan tanah sekitar 50% - 52% (Koeningsberger et.al, 1973 dan Szokolay, 2008). Dimana radiasi yang masuk adalah $24 + 22 + 25 + 6 + 23 = 100\%$ dan radiasi yang keluar adalah $25 + 6 + 9 + 60 = 100\%$.



GAMBAR 2.1.
Persentase Radiasi Matahari Yang Melewati Atmosfer Bumi
Sumber: Szokolay, 2008

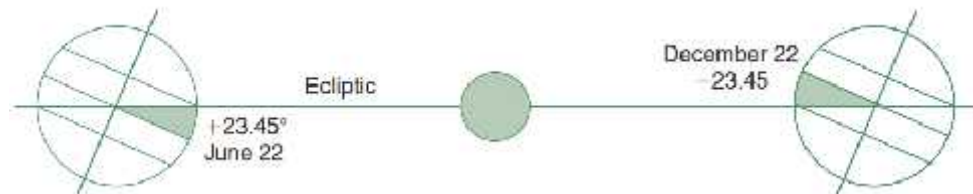
Dari jumlah radiasi matahari yang menembus atmosfer dan mencapai permukaan bumi tersebut terdiri dari sekitar 47% merupakan sinar-sinar yang tampak oleh penglihatan, 48% berupa gelombang pendek infra merah dan sekitar 5% merupakan radiasi sinar ultraviolet (Lechner, 2001). Pengaruh radiasi matahari terhadap kondisi iklim di bumi ditentukan oleh tiga hal yakni:

a. Durasi Radiasi

Garis edar bumi mengelilingi matahari berbentuk elips menyebabkan jarak antara bumi dan matahari bervariasi. Jarak tersebut berkisar antara 152 juta km untuk jarak maksimum dan 147 juta km jarak minimum (Szokolay, 2008). Demikian pula perputaran bumi pada porosnya tidak tegak lurus pada bidang orbit bumi mengelilingi matahari namun memiliki sudut sebesar 23.5° sehingga secara konsekuensi sudut antara garis khatulistiwa (equator) bumi dan garis orbit bumi terhadap matahari atau yang disebut dengan deklinasi menjadi bervariasi selama setahun yakni:

- Tanggal 22 Juni matahari $+23.45^\circ$ berada pada belahan bumi bagian utara. Pada saat ini durasi siang lebih panjang dari malam.
- Tanggal 21 Maret dan 22 September matahari berada pada 0° yang disebut dengan *equinox date*, sehingga durasi siang dan malam menjadi sama.

- Tanggal 22 Desember matahari -23.45° pada belahan bumi bagian selatan, akibatnya pada posisi ini durasi siang lebih panjang dari malam.



GAMBAR 2.2.
Sudut Deklinasi Yang Terbentuk Antara Bumi dan Matahari
 Sumber: Szokolay, 2008

Hal tersebut yang kemudian menyebabkan durasi matahari menjadi berbeda di setiap lokasi dan tempat. Wilayah di sekitar khatulistiwa durasi radiasi matahari hampir konstan sepanjang tahun yakni sekitar 12 jam setiap harinya. Semakin menjauhi khatulistiwa durasi radiasi matahari di tempat tersebut semakin bervariasi.

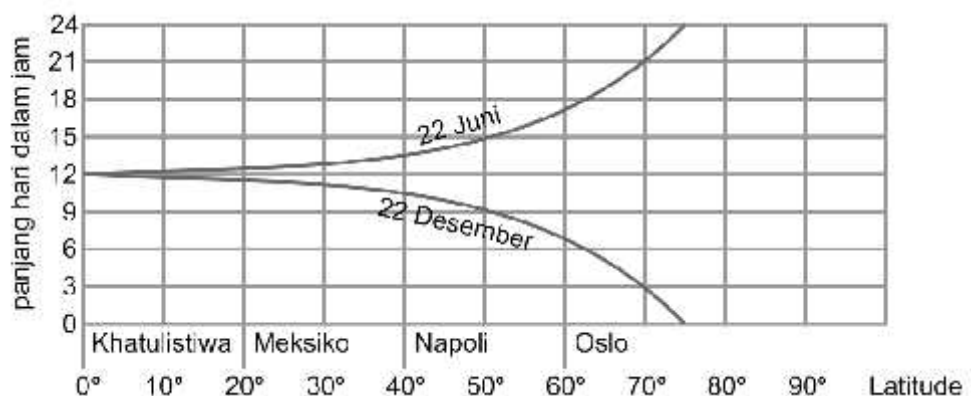


DIAGRAM 2.1.
Grafik Lama Waktu Penyinaran Berkaitan Dengan Letak Geografis
 Sumber: Frick et.al, 2008

Daerah tropis yang berada disekitar garis khatulistiwa memiliki ciri khas sehubungan dengan durasi radiasi matahari. Ciri

kelas tersebut yakni waktu remang pagi dan senja yang pendek, dimana semakin jauh sebuah tempat dari khatulistiwa, maka waktu remangnya akan semakin panjang (Lippsmeier, 1980).

b. Intensitas Radiasi

Intensitas radiasi matahari dipengaruhi oleh variasi atmosfer, adanya awan serta kondisi isi atmosfer lainnya akan mempengaruhi jumlah sinar matahari yang diterima oleh suatu tempat (Frick et.al, 2008) menjelaskan. Semakin cerah cuaca maka intensitas radiasi matahari yang diterima oleh suatu tempat semakin tinggi dan jumlah cahaya matahari yang diterima semakin banyak.

Intensitas radiasi matahari dibagi berdasarkan kondisi langit menjadi tujuh kondisi yakni langit cerah, langit berkabut, langit dengan radiasi matahari yang dapat menembus gumpalan awan, langit yang tertutup awan dengan wujud matahari berbentuk cakram putih, kondisi langit mendung namun posisi matahari dapat diduga serta kondisi langit yang mendung (Uli Scafer, 1977 dalam Frick et.al ,2008) membagi i. Masing-masing kondisi langit memiliki tingkat radiasi global dan radiasi kabut yang bervariasi

kondisi langit	cerah langit biru	langit berkabut	matahari menembus	matahari berbentuk cakram kuning	matahari berbentuk cakram putih	posisi matahari dapat diduga	kondisi langit mendung
radiasi global	1000 W/m ²	1000 W/m ²	600 W/m ²	450 W/m ²	300 W/m ²	200 W/m ²	100 W/m ²
radiasi kabut	10%	20%	30%	50%	70%	100%	100%

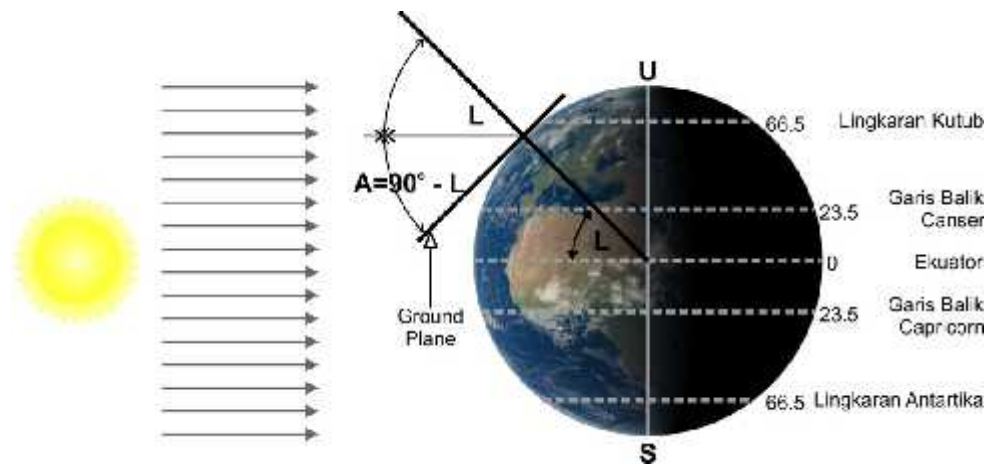
GAMBAR 2.3.

Intensitas Radiasi Panas Matahari

Sumber: Olahan Penulis Dari Uli Schafer dalam Frick et.al, 2008

c. Sudut Jatuh

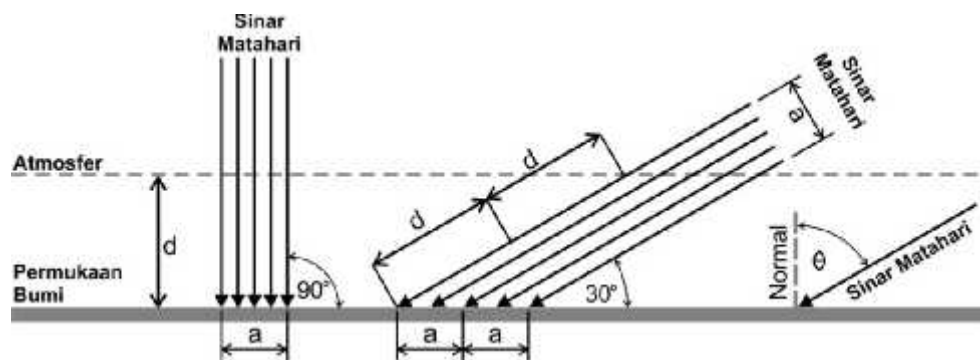
Sudut vertikal yang terbentuk dimana sinar matahari jatuh menyentuh permukaan bumi disebut sudut altitude. Lechner (2001) menyebutkan bahwa sudut altitude merupakan hasil kalkulasi dari fungsi lintang geografis, waktu tahunan dan waktu harian.



GAMBAR 2.4.
Sudut Altitude Radiasi Sinar Matahari
Sumber: Olahan Penulis dari Lechner, 2001

Sudut altitude radiasi sinar matahari sangat mempengaruhi musim dan iklim. Konsekuensi dari sudut altitude berdampak pada dua hal yakni pertama, sinar matahari yang melewati atmosfer bumi lebih banyak pada posisi sudut yang rendah (Lechner, 2001). Hal ini akan semakin nampak pada saat matahari terbenam dimana radiasi matahari berwarna kemerahan dan sangat lemah disebabkan oleh penyerapan selektif, pemantulan serta pembiasan radiasi matahari oleh atmosfer. Konsekuensi kedua adalah apa yang disebut dengan Hukum Cosine yang mengatakan bahwa berkas cahaya matahari akan menerangi suatu area lebih besar jika posisi matahari di langit

lebih rendah. Semakin besar sudut normal, intensitas radiasi dan energi panas yang diterima oleh suatu permukaan semakin berkurang.



GAMBAR 2.5.
Hubungan Sudut Jatuh, Jarak dan Intensitas Radiasi Matahari
Sumber: Olahan Penulis dari Lechner, 2001 dan Frick et.al, 2008

2.1.2. Temperatur

a. Suhu Permukaan

Peningkatan dan penurunan tingkat suhu permukaan pada benda dipengaruhi oleh interaksi radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi. Akibat dari interaksi ini tergantung dari sifat dasarnya (Lechner, 2001). Interaksi yang kemungkinan akan terjadi ada empat yakni:

- *Transmittance* (pemancaran), yakni kondisi di mana radiasi dapat melewati benda
- *Absorptance* (penyerapan), yakni kondisi di mana radiasi berubah menjadi bentuk panas yang terukur (*sensible heat*)
- *Reflectance* (Pemantulan), yakni kondisi di mana radiasi mengalami pemantulan pada permukaan benda

- *Emitance* (pemancaran), yakni kondisi di mana radiasi dilepaskan oleh permukaan sehingga panas pada benda berkurang.

Peningkatan suhu permukaan seiring dengan penambahan durasi dari radiasi matahari. Banyaknya radiasi yang diserap oleh permukaan sebuah benda ditunjukkan oleh bilangan serap (Satwiko, 2009).

Disetiap permukaan bahan terdapat lapisan udara tipis yang dapat mempengaruhi perpindahan panas dari permukaan bahan ke udara atau sebaliknya. Lapisan udara ini disebut dengan konduktan permukaan (Soegijanto, 1998 dan Satwiko 2009). Besarnya konduktan permukaan bergantung pada sifat permukaan, yakni tekstur, warna, serta kecepatan angin dan temperatur permukaan.

b. Temperatur Udara

Secara umum daerah khatulistiwa merupakan tempat yang paling panas karena menerima radiasi sinar matahari paling banyak. Pada daerah ini, panas tertinggi akan tercapai kurang lebih pada saat dua jam setelah tengah hari karena pada saat tersebut, panas yang berasal dari radiasi matahari akan bergabung dengan temperatur udara yang memang sudah tinggi (Lippsmeier, 1980).

Ketinggian suatu tempat terhadap permukaan laut juga berpengaruh pada tingkat temperatur udara. Semakin tinggi posisi suatu tempat dari permukaan laut, semakin rendah tingkat temperatur udara di tempat tersebut. Daerah yang berada dibawah 60° garis

lintang memiliki kenaikannya 100 meter dengan penurunan temperatur sebesar 0,57 °C.

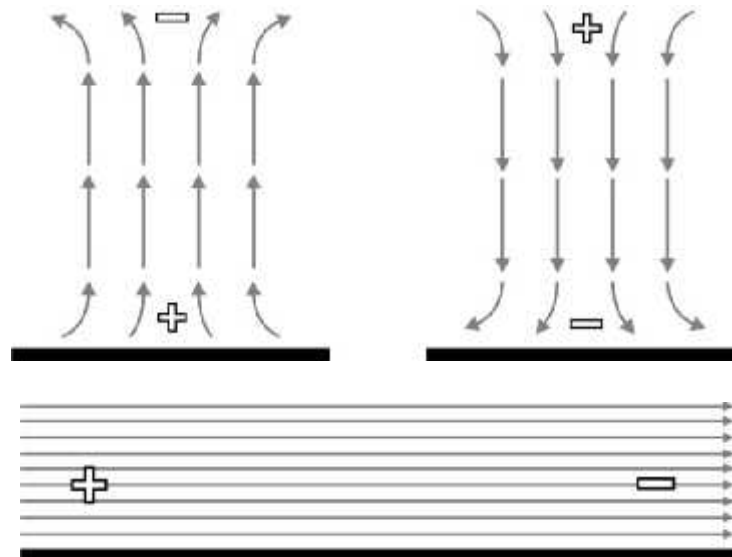
Pada daerah tropis fasade bangunan bagian timur dan barat yang paling banyak diterpa oleh radiasi matahari, hal ini akan meningkatkan temperatur udara di dalam ruang, oleh karena itu jenis material bangunan sangat berpengaruh terhadap kemampuan untuk menyesuaikan temperatur udara (Lippsmeir, 1980). Masih dalam Lippsmeier (1980), pada daerah khatulistiwa batas toleransi temperatur udara yakni antara 22,5°C sampai 29,5°C

Temperatur udara disebut dengan *Dry Bulb Temperature* (DBT) dan diukur dengan termometer kering. Temperatur Lembab atau *Wet Bulb Temperature* (WBT), yakni hasil pengintegrasian antara temperatur kering dan kelembaban nisbi atau kelembaban relatif.

2.1.3. Gerakan Udara

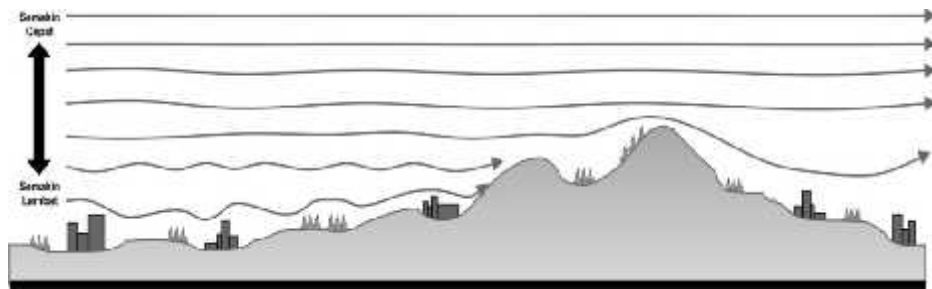
Angin adalah udara yang bergerak. Pergerakan udara ini disebabkan oleh pemanasan lapisan-lapisan udara di atmosfer akibat radiasi sinar matahari yang tidak merata sehingga mengakibatkan suhu permukaan di setiap daerah berbeda. Udara panas memiliki tekanan udara yang rendah sehingga udara dingin dengan tingkat tekanan tinggi akan bergerak menuju daerah dimana udara panas tersebut. Pergerakan udara tersebut disebut dengan nama *Bouyancy*, dimana tekanan udara tinggi menciptakan

bouyancy positif sedangkan tekanan udara rendah menciptakan *bouyancy* negatif sehingga udara bergerak dari positif ke negatif melewati *bouyancy* netral (Boutet, 1987).



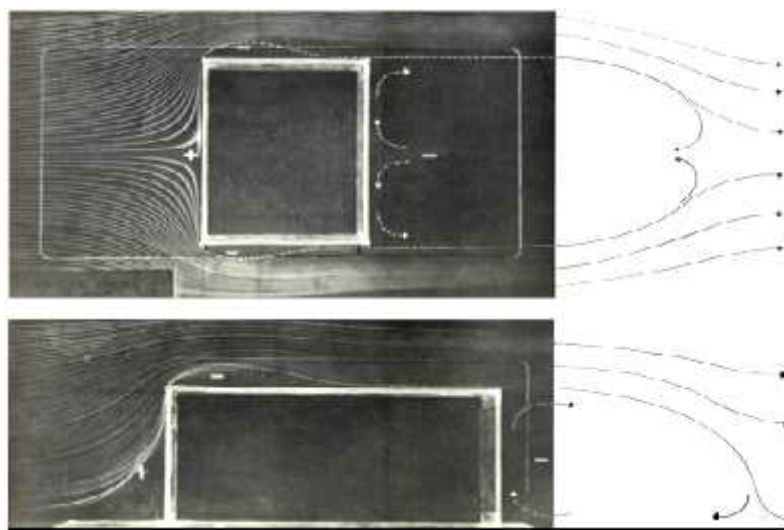
GAMBAR 2.6.
Variasi Tingkat Tekanan Udara Menyebabkan Pergerakan Udara
 Sumber: Olahan Penulis dari Boutet, 1987

Kondisi bidang permukaan mempengaruhi kecepatan angin. Semakin kasar bidang permukaan maka semakin lambat laju pergerakan dan kecepatan angin. Hal ini disebabkan karena terjadinya gesekan antara angin dengan permukaan-permukaan bidang seperti permukaan tanah, air, dan bangunan yang menciptakan efek *drag* (Boutet, 1987).



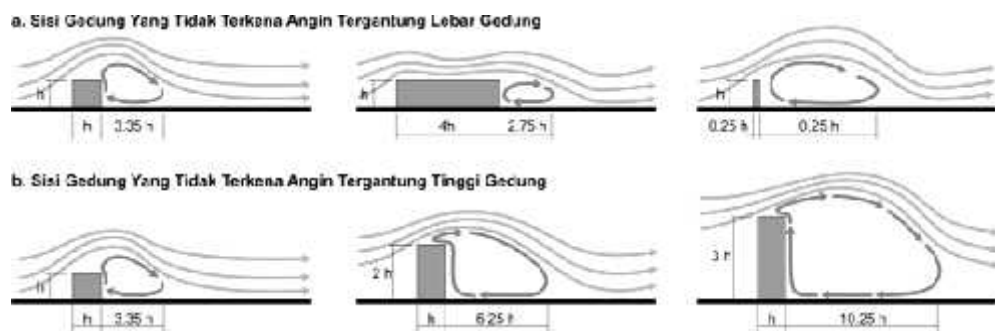
GAMBAR 2.7.
Gesekan Dapat Mereduksi Kecepatan Angin
 Sumber: Olahan Penulis dari Boutet, 1987

Orientasi bangunan sangat ditentukan oleh arah angin. Untuk daerah tropis lembab bukaan-bukaan pada dinding bangunan lebih diperuntukkan untuk sirkulasi udara secara terus menerus dibandingkan untuk kebutuhan pencahayaan. Ketika angin menerpa bagian darimana arah angin bertiup dari suatu bangunan akan memadatkan dan menciptakan tekanan positif (+), sedangkan disaat yang sama udara akan terisap dari sisi yang terhindar dari angin sehingga menciptakan tekanan negatif (-) (Olgyay, 1962).



GAMBAR 2.8.
Tekanan Angin di Sekitar Bangunan
 Sumber: Olgyay, 1962

Gerakan angin di sekitar bangunan akan menimbulkan turbulensi karena pergerakan angin tersebut mengalami hambatan. Selain oleh bangunan dan penghalang-penghalang lain seperti elemen vegetasi, turbulensi ditimbulkan juga oleh karena pergerakan udara yang tidak stabil (Frick et.al, 2008). Semakin berada di lapisan udara yang tinggi, turbulensi makin hilang.



GAMBAR 2.9.
Area Yang Tidak Terkena Angin Berhubungan Dengan Lebar dan Tinggi Bangunan
 Sumber: Olahan Penulis dari Frick et.al, 2008

Gerakan udara berpengaruh pada proses penurunan panas suatu permukaan baik secara konveksi maupun penguapan (Lechner, 2001). Semakin cepat gerakan udara, semakin besar panas yang hilang, namun hal ini berlaku hanya apabila temperatur udara lebih rendah dari pada temperatur permukaan, bila keadaannya tidak seperti ini maka yang akan terjadi adalah sebaliknya (Lippsmeier, 1980).

Kecepatan angin dapat diprediksi dengan melakukan pengamatan terhadap fenomena yang berlangsung di sekitar kita sedangkan prediksi arah angin dapat dilakukan dengan

menggunakan asap (Satwiko, 2009). Fenomena yang dapat diamati sehubungan dengan prediksi kecepatan angin dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1.
Skala Gaya Angin Beaufort

Gaya	Efek Yang Terlihat	Kecepatan (m/dtk)
0	Tidak ada angin, asap membumbung tegak lurus	< 0,5
1	Pergerakan udara lemah, asap sedikit condong	1,7
2	Hembusan angin sepoi-sepoi, daun gemerisik	3,3
3	Angin lemah, ranting-ranting bergerak, riak kecil di air	5,2
4	Angin sedang, cabang kecil bergerak	7,4
5	Angin kuat, cabang besar bergerak, suara keras	9,8
6	Angin sangat keras, daun-daun terlepas, berjalan agak sulit	12,4
7	Angin puyuh, batang pohon kecil melengkung, ranting patah	15,2
8	Angin puyuh kuat, cabang pohon mungkin patah	18,2
9	Angin puyuh sangat kuat, pohon kecil tercabut, genting terbang	21,4
10	Topan, bangunan berat rusak, pohon tumbang/tercabut	25,1
11	Topan badai, bangunan hancur, manusia dan hewan terbawa	29,0
12	Topan badai dengan kerusakan lebih parah dari diatas	>29

Sumber: *Koeningsberger et.al, 1973*

2.1.4. Kelembaban

Tingkat kelembaban udara terutama dipengaruhi oleh temperatur udara. Semakin tinggi tingkat temperatur udara maka kemampuan menyerap air semakin tinggi pula.

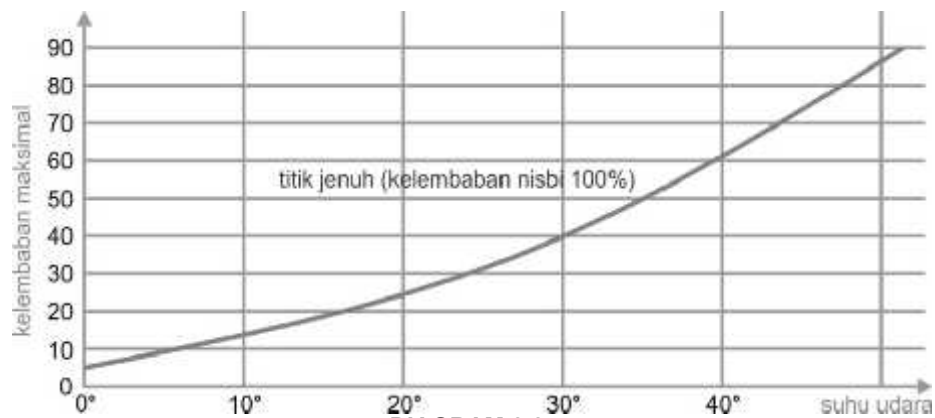


DIAGRAM 2.2.
Kelembaban Nisbi dan Titik Jenuh
 Sumber: Olahan Penulis dari Frick et.al, 2008

Pada grafik diatas penyerapan uap air maksimum (kelembaban nisbi 100%) oleh udara pada suhu udara yang berbeda ditunjukkan oleh kurva. Kelembaban nisbi atau kelembaban relatif dapat ditunjukkan oleh perbandingan berat atau dari perbandingan tekanan uap air di udara yang dinyatakan dalam persen, sedangkan kelembaban absolut merupakan kadar air di udara yang dinyatakan dalam gram per kilogram udara kering.

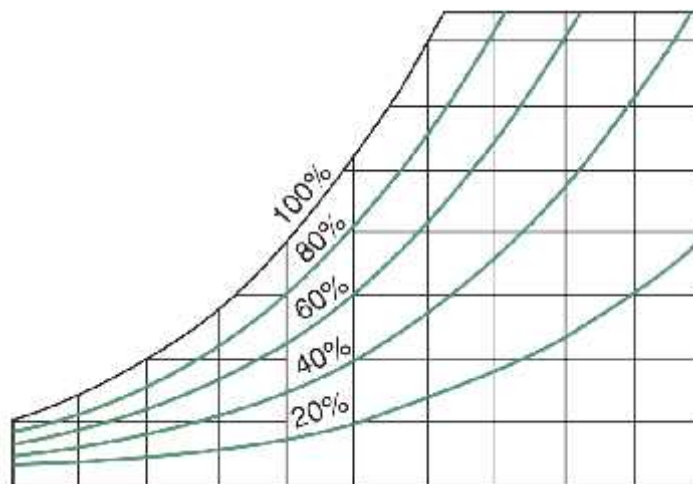


DIAGRAM 2.3.
Grafik Kelembaban Relatif
 Sumber: Szokolay, 2008

Pada daerah tropis lembab, kelembaban udara tinggi antara 65 – 95% diakibatkan radiasi matahari kuat yang menyebabkan naiknya temperatur sehingga terjadi penguapan sedangkan kecepatan angin rendah. Toleransi batas kelembaban relatif untuk daerah khatulistiwa menurut Lippsmeier (1980) adalah antara 20 – 50%.

2.2. Sistem Pembayangan Pada Daerah Tropis

2.2.1. Pola dan Bidang Pembayangan

Pola bayangan merupakan gabungan semua cetakan bayangan setiap jam pada musim tertentu untuk mengetahui arah masuk sinar matahari ke dalam bangunan (Lechner, 2001). Arah sinar matahari akan membentuk bidang-bidang yang terbayangi maupun yang tidak terbayangi. Bayangan yang terbentuk berfungsi untuk mereduksi intensitas radiasi sinar matahari yang berlebihan pada daerah tropis. Akan tetapi bidang-bidang yang terus menerus terbayangi sepanjang tahun akan mengakibatkan kerusakan pada material bahkan akan menimbulkan tumbuhnya jamur akibat tingginya tingkat kelembaban yang merupakan ciri khas daerah beriklim tropis lembab.

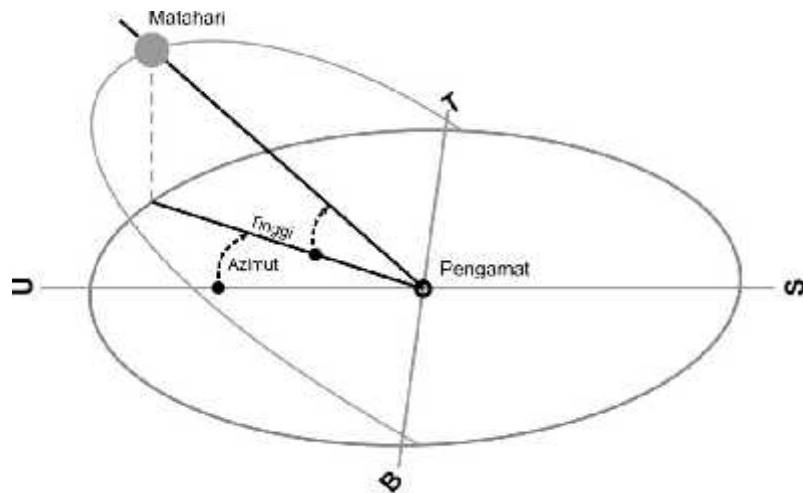
Efektifitas dari sistem pembayangan ditentukan oleh seberapa besar bidang yang terlindungi oleh sinar matahari. Tanggal dan jam pembayangan serta elemen sistem pembayangan mempengaruhi besarnya bidang yang terlindungi dari sinar matahari,

namun bidang yang terlindungi sinar matahari masih tetap akan menerima radiasi matahari akibat difusi yang berasal dari benda-benda disekitar area yang terbayangi (Lippsmeier, 1980).

2.2.2. Penentuan Sudut-sudut Pembayangan

Untuk menentukan bidang pembayangan dengan metode grafis dapat menggunakan diagram matahari (*solar chart*) dan busur bayangan (*solar angle*). Hal-hal yang harus diperhitungkan dalam melakukan penggambaran pola bayangan secara grafis dengan menggunakan diagram matahari, adalah:

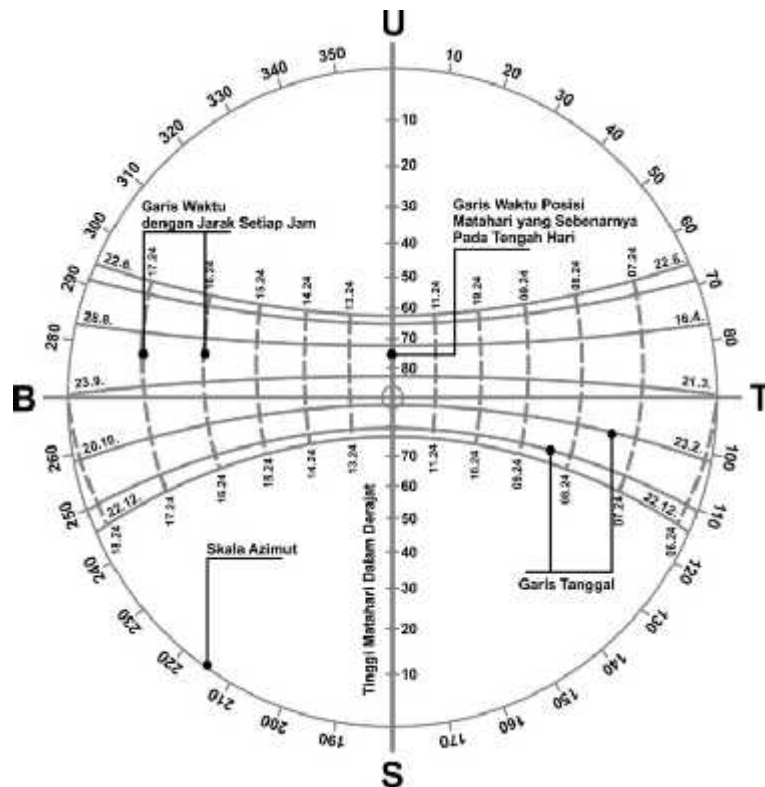
- a. Azimut, adalah deklinasi matahari dari arah utara yang diukur dengan derajat dari arah utara ketimur, selatan, barat hingga kembali ke utara searah jarum jam.
- b. Tinggi matahari (Altitude), adalah sudut antara garis cakrawala dan matahari yang dituliskan dalam skala 0-90° pada diagram dengan sumbu utara – selatan.
- c. Garis tanggal, digambarkan pada arah timur – barat yang mewakili garis edar matahari dari matahari terbit hingga terbenam pada hari yang ditunjukkan.
- d. Garis jam, merupakan garis yang berada pada posisi vertikal terhadap garis tanggal yang tiap garisnya memiliki jarak satu jam (Lippsmeier, 1980).



GAMBAR 2.10.

Sudut Azimut Dan Altitud Matahari

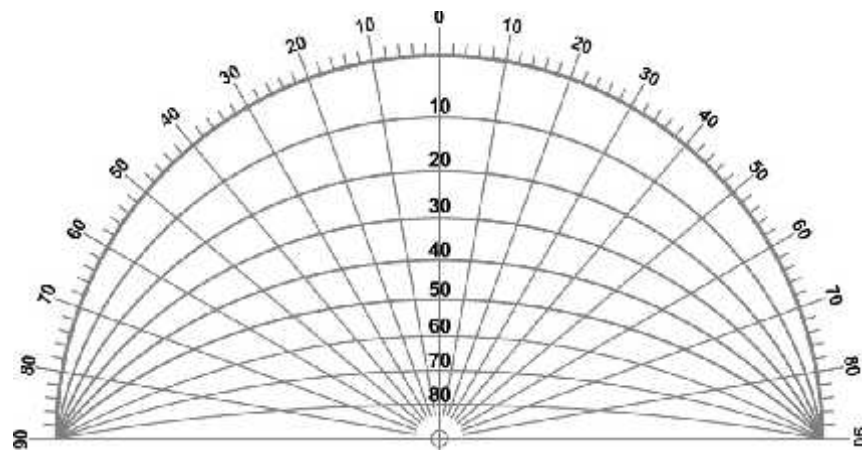
Sumber: Olahan Penulis dari Lippsmeier, 1980



GAMBAR 2.11.

Diagram Matahari (Solar Chart)

Sumber: Olahan Penulis dari Lippsmeier, 1980



GAMBAR 2.12.
Busur Bayangan (Solar Angle)
 Sumber: Olahan Penulis dari Lippsmeier, 1980

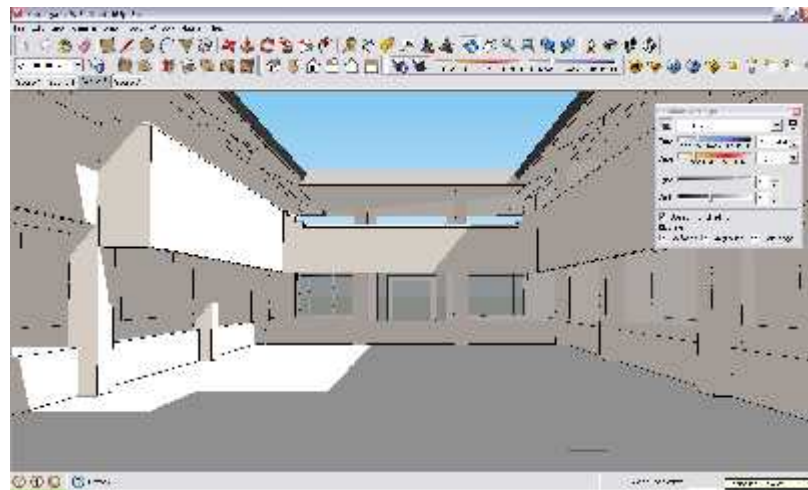
Luas bidang pembayangan dapat diketahui dengan menghubungkan proyeksi sudut jatuh vertikal (altitude) dan horizontal (azimut) sinar matahari yang mengenai sudut-sudut bidang penghalang pada bidang yang terbayangi (Lippsmeier, 1980).

2.2.3. Simulasi Pembayangan

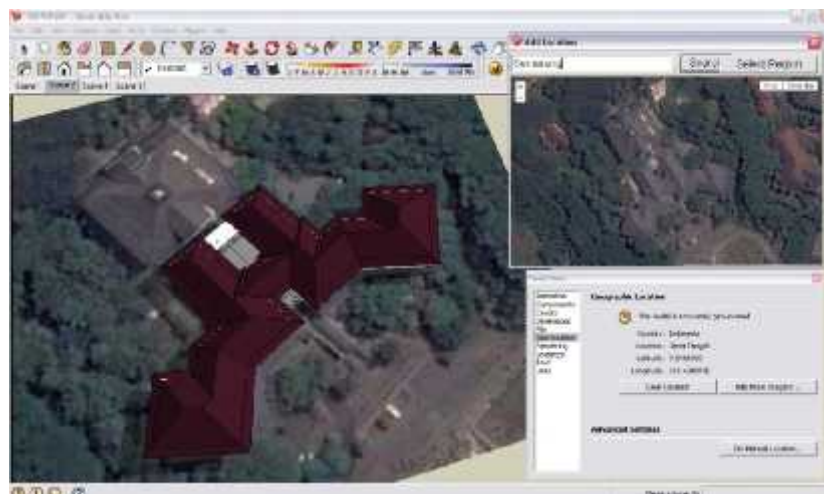
Program simulasi komputer digunakan untuk membantu pembuatan model animasi secara tiga dimensional untuk memudahkan melakukan analisis terhadap obyek tertentu. Dengan kemajuan teknologi yang sangat pesat, program-program pemodelan sekaligus simulasi khususnya untuk bidang sains bangunan telah banyak di produksi untuk membantu perencana atau arsitek untuk mendesain sekaligus menganalisis fenomena dan pengaruh-pengaruh lingkungan termasuk di dalamnya mensimulasikan pembayangan. Program-program komputer tersebut diantaranya:

a. *Google Sketchup 8*

Program komputer untuk membuat model tiga dimensi secara skalatis, presisi dan detail. Program ini juga dilengkapi dengan fitur simulasi bayangan dalam dan dapat diatur konfigurasi waktu serta gradasi terang-gelapnya bayangan yang di inginkan.



GAMBAR 2.13.
Simulasi Bayangan Pada Program *Google Sketchup 8*
Sumber: Olahan Penulis dengan *Google Sketchup 8*, 2015

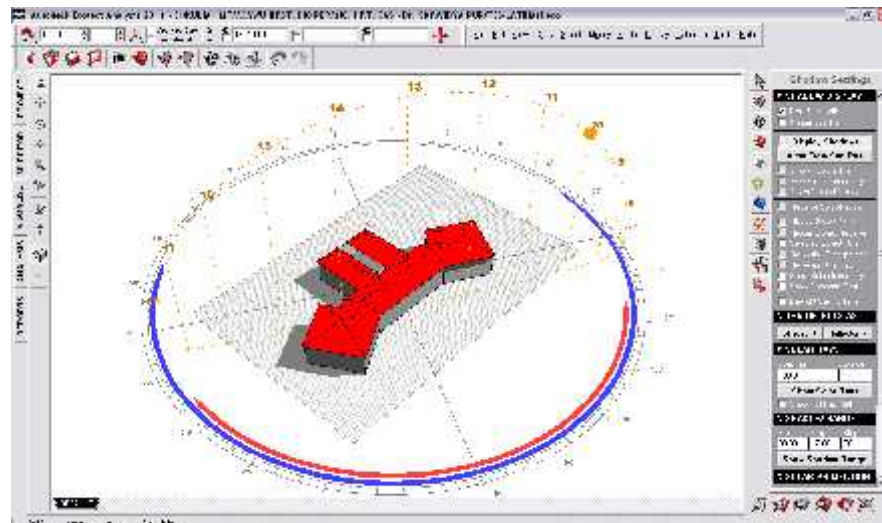


GAMBAR 2.14.
Penentuan Letak Geografis Pada Program *Google Sketchup 8*
Sumber: Olahan Penulis dengan *Google Sketchup 8*, 2015

Untuk mendapatkan akurasi bayangan yang sesuai dengan kondisi di lapangan, maka program ini dilengkapi pula dengan fitur *Geo-Location* yakni fitur untuk menentukan lokasi obyek sesuai dengan posisi geografis dan astronomis daerah atau tempat yang di inginkan meliputi penentuan koordinat pada garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*).

b. *Autodesk Ecotect 2011*

Program *Autodesk Ecotect 2011* merupakan program pemodelan dan analisis secara komperhensif yang dilengkapi dengan berbagai fitur berkenaan dengan sains bangunan. Untuk analisis pembayangan pada program ini dilengkapi dengan fitur *solar chart* atau diagram matahari dengan posisi matahari dapat di atur sesuai keinginan. Letak geografis obyek dapat disesuaikan dengan memasukkan data-data berupa posisi terhadap garis lintang dan garis bujur.



GAMBAR 2.15.
Penentuan Posisi Matahari Terhadap Obyek Dengan Program Ecotect 2011
 Sumber: Olahan Penulis dengan Autodesk Ecotect 2011, 2015

2.3. *Courtyard* Dalam Dimensi Iklim dan Lingkungan

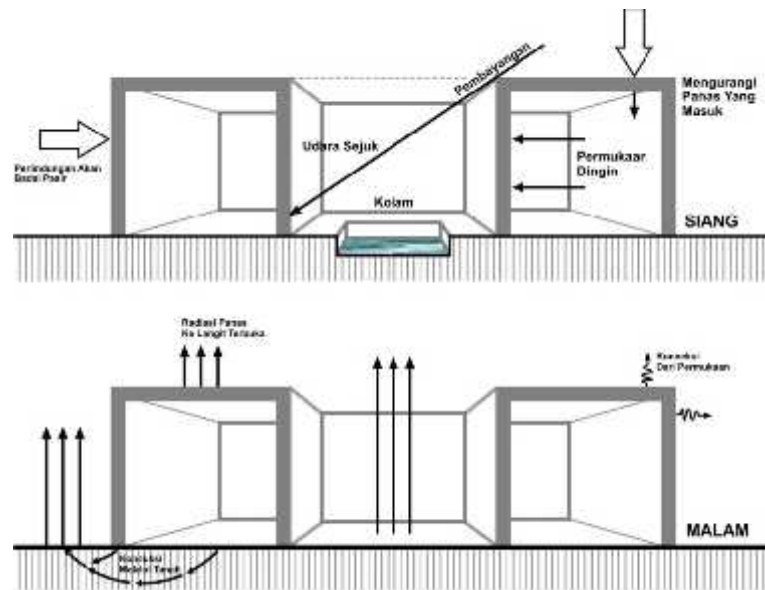
Courtyard laksana membawa suasana alam luar masuk ke dalam bangunan sehingga secara visual selalu memiliki kesan hubungan langsung dengan alam. Secara garis besar hubungan ini ditunjukkan oleh dua elemen alam yang selalu memberikan kekhasan sebuah *courtyard* yakni elemen bumi atau tanah menjadi alas dan langit berperan sebagai atap (Edwards et.al ed, 2006). Kealamian dari kesan visual ini menjadikan *courtyard* akan selalu menjadi tempat yang paling indah di dalam bangunan (Reynolds, 2002). Hal ini menunjukkan secara estetika fungsi *courtyard* sebagai elemen bangunan memberikan nilai tambah terhadap performa sebuah bangunan.

Namun lebih dari fungsi estetis yang diberikan, *courtyard* berperan untuk mengkondisikan pengikliman tersendiri di dalam bangunan. Dengan bentuknya yang merupakan bukaan secara prinsip dapat berperan

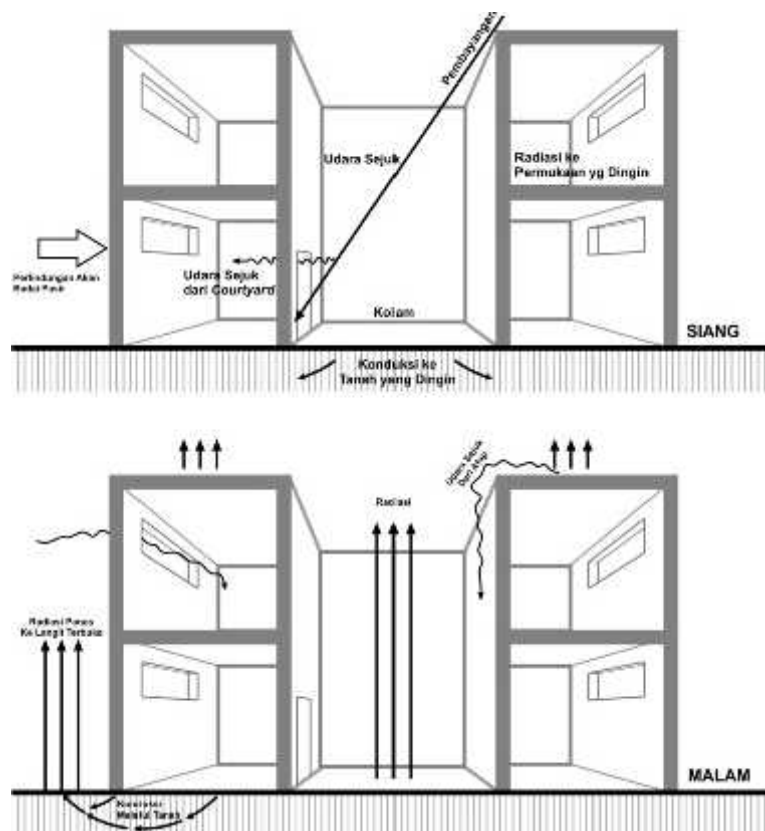
sebagai jalur ventilasi alami. *Courtyard* merupakan zona transisi pada bangunan yang berfungsi meningkatkan kondisi kenyamanan di dalam ruang dengan cara memodifikasi iklim mikro disekitar bangunan serta memperbesar aliran udara didalam bangunan (Wouters dan Mat Santamouris, 2006 dalam Khan 2008).

Efektifitas dari *courtyard* akan tercapai bila *courtyard* tersebut merupakan sumber aliran udara pada bangunan (Lechner, 2001). Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Rajapaksha bahwa kondisi termal didalam bangunan akan lebih baik bila *courtyard* bertindak sebagai rongga untuk melepaskan udara ke luar bangunan daripada sebaliknya (Rajapaksha et.al, 2003)

Secara dimensional, *courtyard* yang berukuran kecil dapat meregulasi termal secara baik dengan beberapa cara. Pada *courtyard* yang berukuran besar, dinding yang tinggi berperan membatasi radiasi sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan dan bidang-bidang selubung bangunan bagian dalam *courtyard* membayangi area *courtyard* dan memberikan naungan sepanjang hari (Koeningsberger et.al, 1973). Prinsip dasar pengikliman pada *courtyard* seperti pada gambar dibawah berikut:



GAMBAR 2.16.
Mekanisme Dasar Pengikliman pada Courtyard Kecil
 Sumber: Olahan Penulis dari Koeningsberger et.al, 1973



GAMBAR 2.17.
Mekanisme Dasar Pengikliman pada Courtyard Besar
 Sumber: Olahan Penulis dari Koeningsberger et.al, 1973

Mengenai pembayangan yang terjadi pada area *courtyard*, penelitian yang dilakukan oleh Muhaisen pada empat daerah iklim yang berbeda, yakni iklim tropis kering, tropis lembab, moderat dan daerah beriklim dingin dengan melakukan simulasi pembayangan menyimpulkan bahwa untuk daerah tropis lembab orientasi yang baik untuk *courtyard* adalah arah utara-selatan. Secara signifikan kondisi pembayangan pada selubung dalam *courtyard* bergantung pada proporsi bentuk, lokasi terhadap garis lintang serta kondisi iklim yang ada. (Muhaisen, 2006).

Pada penelitian lainnya menyebutkan, secara khusus performa termal pada *courtyard* di siang hingga sore hari bergantung pada parameter desain meliputi rasio tinggi bangunan serta ketersediaan elemen-elemen vegetasi yang ada di area *courtyard* tersebut (Canton et.al, 2014). Aspek rasio pada *courtyard* yakni perbandingan antara luas bidang lantai dengan tinggi rata-rata dinding yang mengelilingi *courtyard* (Reynolds, 2002). Semakin besar aspek rasio pada *courtyard* berdampak pada semakin besar tingkat penetrasi radiasi matahari yang masuk di siang hari. Kebalikan dari aspek rasio adalah Indeks Bayangan Matahari, yang merupakan perbandingan antara tinggi dinding bagian selatan dengan lebar bidang lantai searah utara-selatan (Reynolds, 2002).

2.4. Hipotesis

Dari rangkaian pemaparan sebelumnya mengenai kajian teori maka dapat diambil hipotesis yang merupakan dugaan terhadap tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah bahwa pembayangan yang terbentuk pada area *courtyard* bangunan gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang berperan dalam usaha mendukung pengendalian temperatur disekitar area *courtyard* tersebut.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Berdasarkan hipotesis yang disusun maka paradigma penelitian ini adalah menggunakan paradigma Post Posivistik-Rasionalistik, yaitu studi terhadap obyek secara eksplisit, teramati serta dapat diukur berdasarkan empirik sensual, logis maupun etik dan disusun dalam suatu kerangka teoritis sesuai dengan kondisi obyek studi dengan pendekatan kuantitatif.

Teknik yang digunakan adalah kuantitatif dimana pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan berdasarkan variabel yang ditentukan. Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif maupun kualitatif dengan mencari korelasi antara hasil temuan di lapangan dengan teori-teori yang ada.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami seberapa besar peranan pembayangan yang terjadi di sekitar area *courtyard* bangunan gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang dalam mengendalikan temperatur pada area *courtyard* tersebut.

3.2. Kerangka Pikir Penelitian

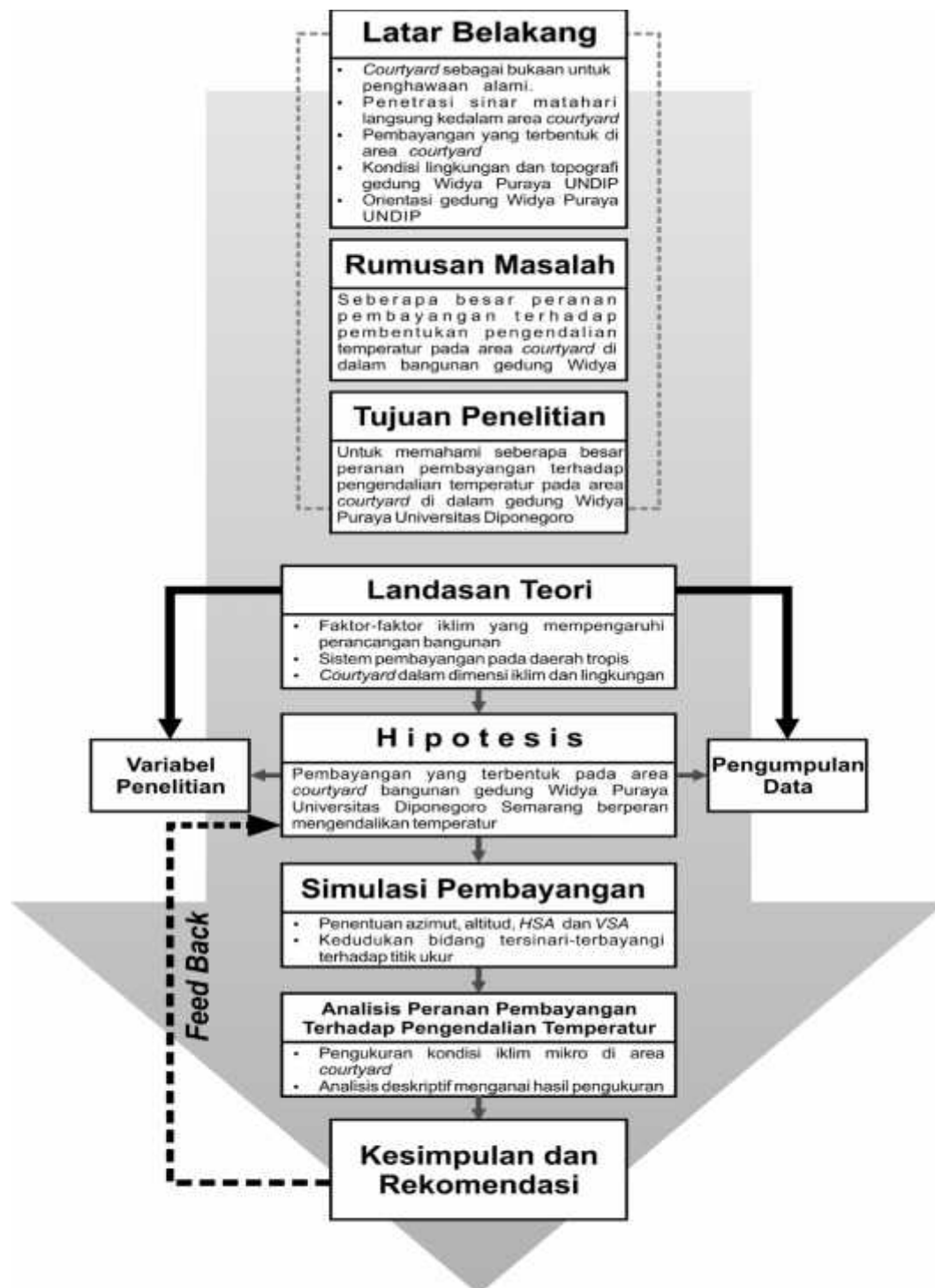


DIAGRAM 3.1.
Diagram Alur Pikir Penelitian
Sumber: Olahan Penulis, 2015

3.3. Variabel Penelitian

Penelitian ini akan melalui beberapa tahapan analisis yang saling berkaitan dan setiap tahapan analisis memiliki beberapa variabel pengaruh yang berbeda. Tahap-tahap tersebut adalah:

a. Analisis Pembayangan di Area *Courtyard*

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan simulasi pembayangan dengan program komputer grafis untuk mengetahui bayangan yang terbentuk setiap jamnya dan posisi titik ukur terhadap bayangan tersebut. Untuk analisis pembayangan ini variabel-variabelnya adalah sebagai berikut:

- Variabel Bebas : indeks bayangan, aspek rasio, sudut azimuth dan altitude, sudut bayangan, vegetasi.
- Variabel Terikat : pembayangan yang terjadi.

b. Analisis peranan pembayangan terhadap pengendalian temperatur di Area *Courtyard*

Analisis ini dilakukan untuk mengkaji sejauh mana peranan pembayangan yang terjadi di area *courtyard* setiap jam terhadap pengendalian temperatur. Dengan demikian variabel-variabelnya adalah sebagai berikut:

- Variabel Bebas : pembayangan, material permukaan pada selubung dalam dan permukaan lansekap pada area *courtyard*.
- Variabel Terikat : suhu permukaan dan temperatur udara pada area *courtyard*

3.4. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan seperangkat alat penelitian yang digunakan untuk menunjang proses penelitian sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tercapai sesuai apa yang di kehendaki. Adapun Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dibagi dalam dua kategori yakni:

a. Perangkat Keras, meliputi :

- *Rol meter*, digunakan untuk mengukur jarak
- Jam, sebagai alat untuk menunjukkan waktu
- *Luxmeter*, digunakan untuk mengukur kuat penerangan
- *Surface Thermometer*, digunakan untuk mengukur suhu permukaan
- *Thermo-Hygrometer*, alat untuk mengukur suhu udara dan tingkat kelembaban
- *Anemometer*, adalah alat untuk mengukur pergerakan udara.
- Obat Nyamuk Bakar, digunakan untuk memprediksi arah pergerakan udara
- Kamera Digital, untuk mendokumentasikan kondisi fisik obyek penelitian dan kegiatan penelitian.

b. Perangkat Lunak, meliputi:

- *Google Earth*, yakni program komputer pengindraan jauh dan pementaan untuk menentukan letak geografis serta orientasi obyek penelitian

- *Sketchup 8* dan *Ecotect 2011*, yakni program komputer untuk pemodelan 3 dimensi dan simulasi pembayangan

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan disesuaikan dengan yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian ini dilakukan yakni terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi informasi mengenai fisik obyek penelitian berupa orientasi bangunan dan *courtyard*, bentuk dan dimensi *courtyard*, jenis material bangunan di sekeliling *courtyard*, elemen-elemen vegetasi yang ada di area *courtyard*. Selain data fisik mengenai obyek tersebut juga data mengenai kondisi iklim mikro di area sekitar *courtyard* yang meliputi intensitas radiasi matahari, suhu permukaan bidang-bidang yang terbayangi dan tidak terbayangi, suhu udara dan tingkat kelembaban. Data-data primer tersebut diperoleh dengan observasi dan pengukuran di lapangan, penggambaran serta pemotretan. Sedangkan data sekunder meliputi data karakter termal dari material bangunan di area *courtyard*.

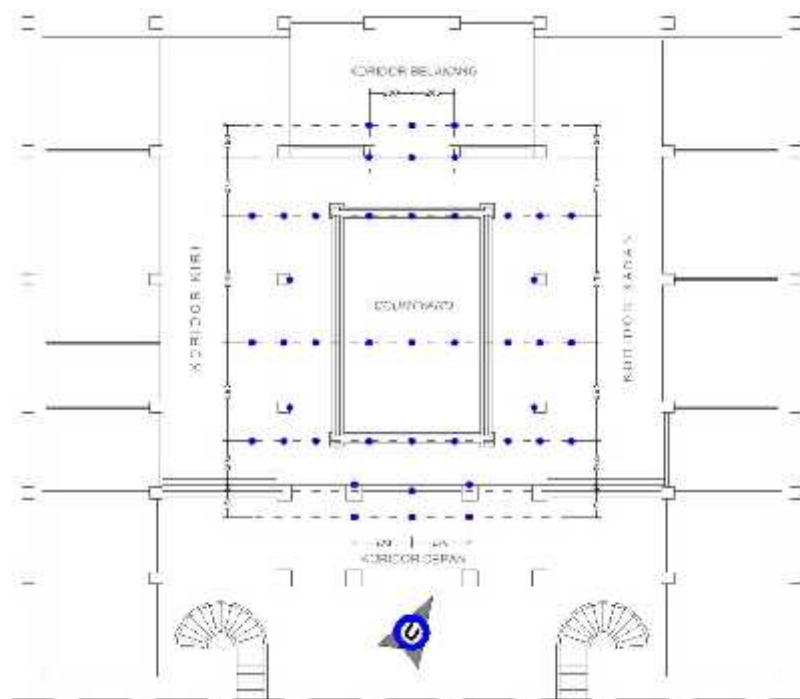
3.6. Langkah Kerja Penelitian

Langkah-langkah yang akan ditempuh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan titik-titik pengukuran untuk suhu permukaan berdasarkan variabel jenis material yang ada pada area *courtyard* meliputi material pada selubung dalam bangunan serta elemen-elemen lansekap yang

terdapat pada taman di area *courtyard* serta menentukan titik-titik pengukuran untuk mendapatkan data mengenai suhu udara, kelembaban, intensitas radiasi matahari dan kecepatan udara. Jarak titik ukur di sesuaikan dengan dimensi area pengukuran. Pembagian area pengukuran berdasarkan jumlah lantai yakni lantai I dan lantai II.

- Titik ukur suhu permukaan area lantai I



Gambar 3.1.
Posisi Titik Ukur di Area Lantai I
Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

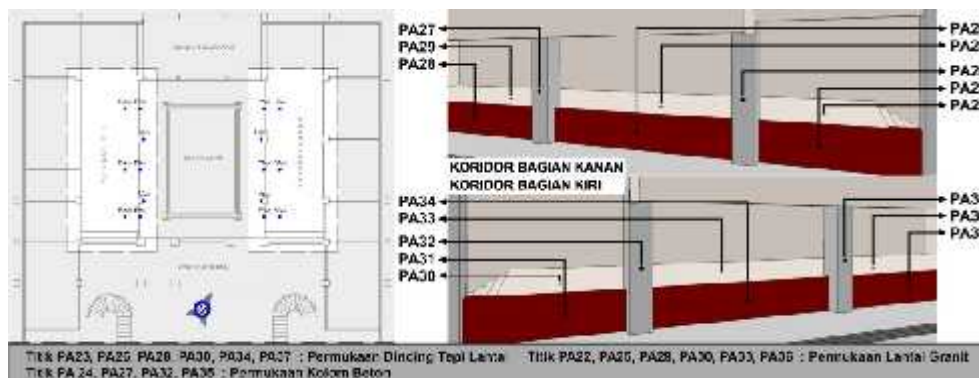
Penempatan titik ukur di area lantai I dibagi pada lima bagian yakni pada area tengah *courtyard*, koridor bagian depan, koridor bagian kanan, koridor bagian kiri serta koridor bagian belakang.



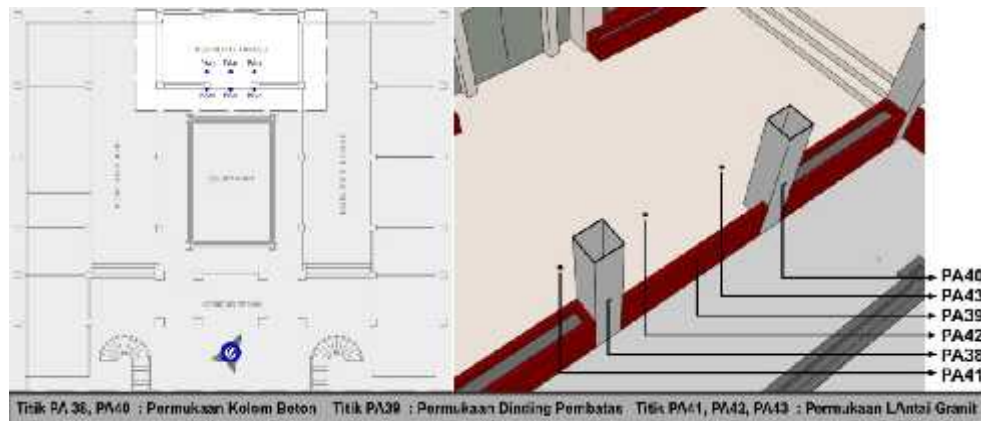
Gambar 3.2.
Titik Ukur Pada Bagian Tengah Courtyard
 Sumber: Olahan Penulis, 2015



Gambar 3.3.
Titik Ukur Pada Koridor Bagian Depan Lt. I
 Sumber: Olahan Penulis, 2015



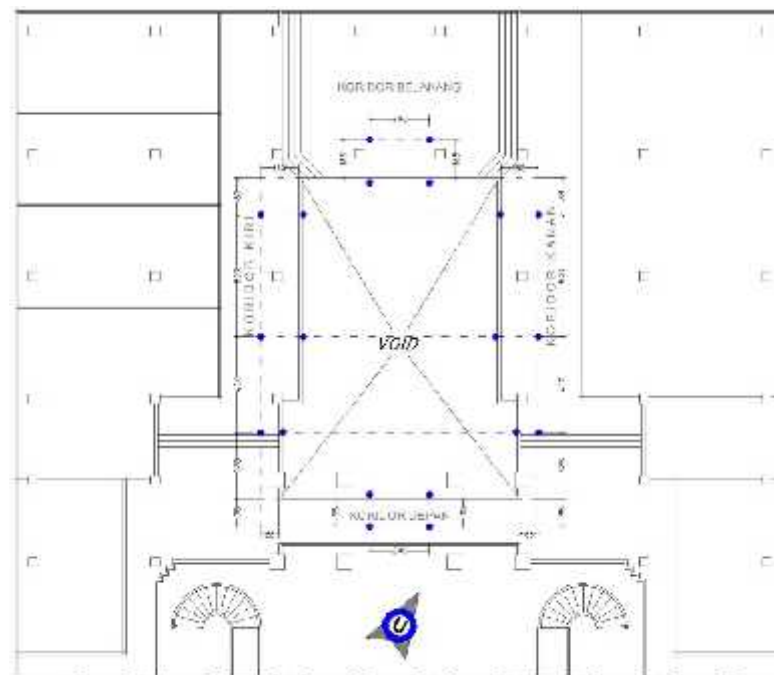
Gambar 3.4.
Titik Ukur Pada Koridor Bagian Kanan dan Kiri Lt. I
 Sumber: Olahan Penulis, 2015



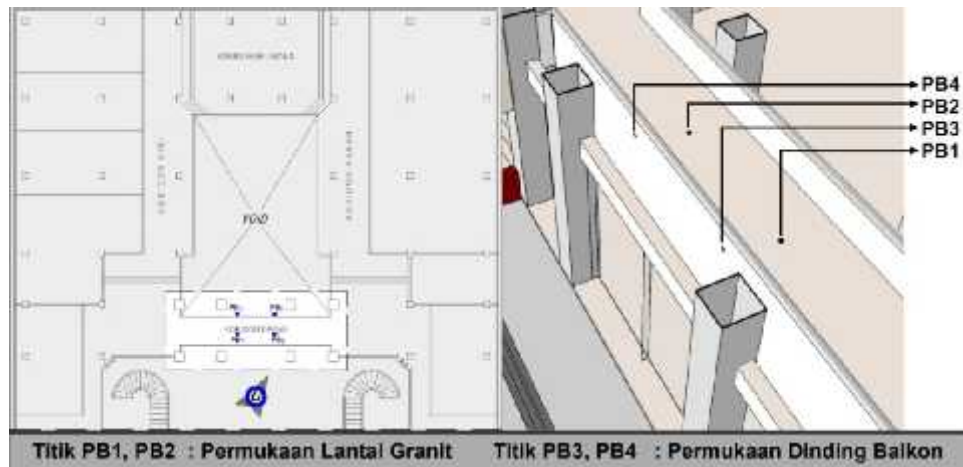
Gambar 3.5.
Titik Ukur Pada Koridor Bagian Belakang Lt. I
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

- Titik ukur suhu permukaan area lantai II

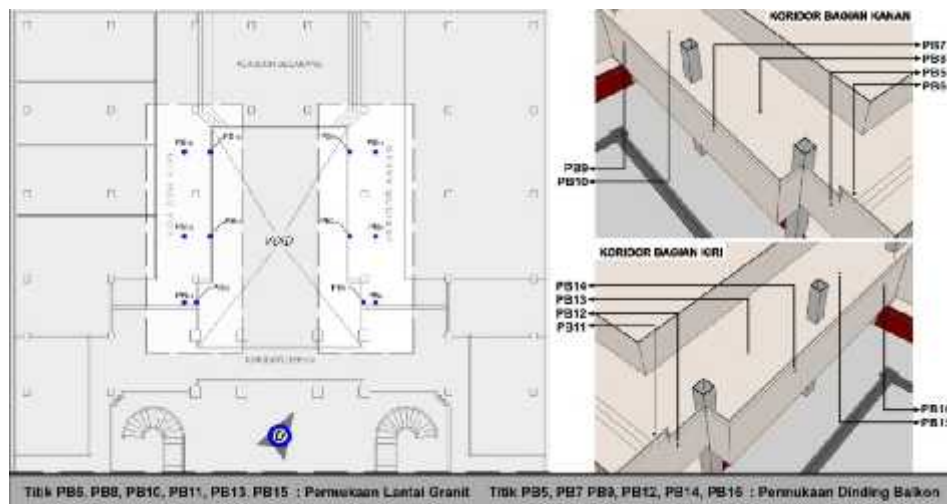
Penempatan titik ukur di area lantai II dibagi pada empat bagian yakni pada koridor bagian depan, bagian kanan, bagian kiri dan belakang.



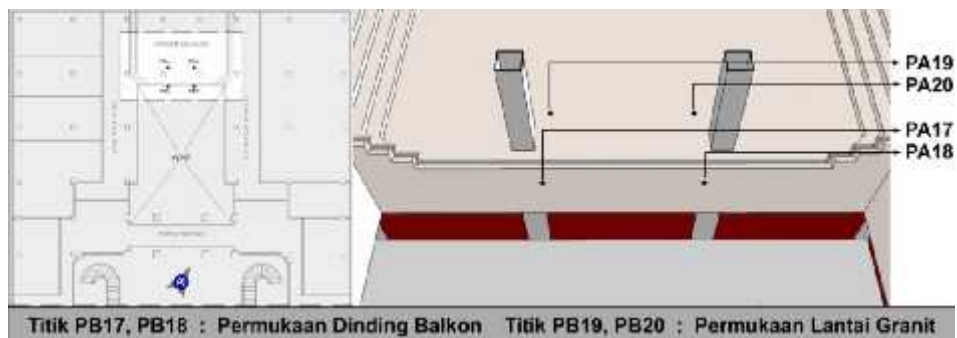
Gambar 3.6.
Posisi Titik Ukur di Area Lantai II
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*



Gambar 3.7.
Titik Ukur Pada Koridor Bagian Depan Lt. II
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

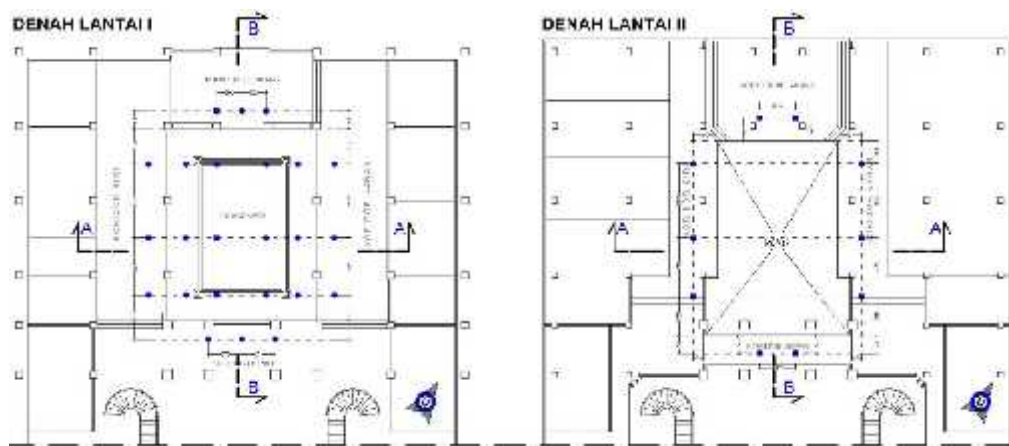


Gambar 3.8.
Titik Ukur Pada Koridor Bagian Kanan dan Kiri Lt. II
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

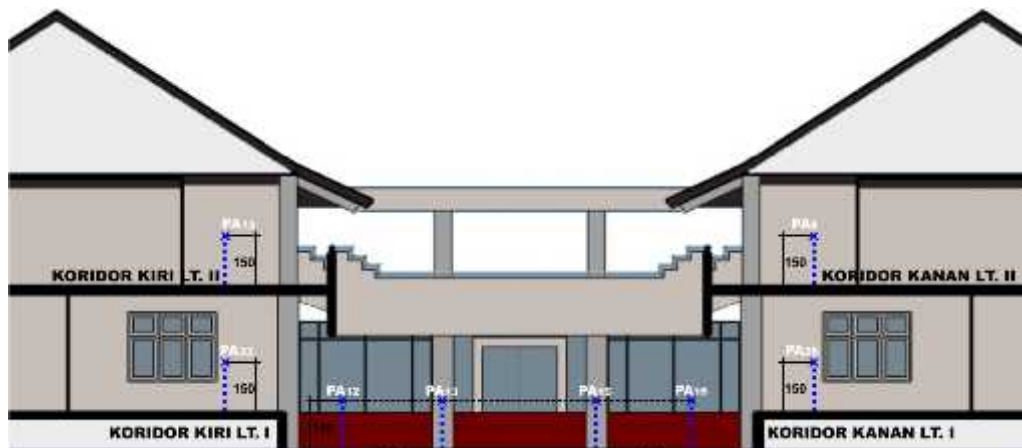


Gambar 3.9.
Titik Ukur Pada Koridor Bagian Belakang Lt. II
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

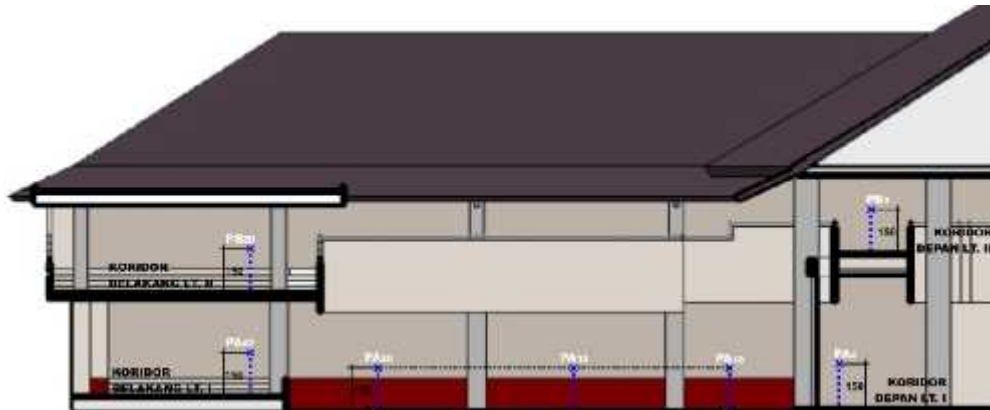
Untuk pengukuran dan pengamatan kondisi iklim mikro yang meliputi temperatur udara, kelembaban dan pergerakan udara, ketinggian titik ukur 1,5 meter dari permukaan titik-titik yang berada pada permukaan bidang-bidang horizontal seperti pada gambar-gambar berikut:



Gambar 3.10.
Denah LT.I dan LT. II Titik Ukur Untuk Kondisi Iklim Mikro Area *Courtyard*
Sumber: Olahan Penulis, 2015



Gambar 3.11.
Potongan A-A Posisi Titik Ukur Untuk Kondisi Iklim Mikro Area *Courtyard*
Sumber: Olahan Penulis, 2015



Gambar 3.12.
Potongan B-B Posisi Titik Ukur Untuk Kondisi Iklim Mikro Area Courtyard
 Sumber: Olahan Penulis, 2015

- b. Menentukan posisi matahari terhadap obyek pengamatan, besar sudut azimut dan altitud berdasarkan waktu dan menganalisis sudut-sudut bayangan baik sudut bayangan horizontal atau *Horizontal Shadow Angle (HSA)* dan sudut bayangan vertikal atau *Vertical Shadow Angle (VSA)*. Analisis terhadap sudut-sudut ini dilakukan dengan menggunakan program komputer *Ecotect 2011* dengan memasukkan data-data meliputi *longitude*, *latitude*, waktu, *time zone (GMT)*, tanggal dan bulan.
- c. Melakukan simulasi pembayangan dengan menggunakan program *Google Sketchup 8* dan *Ecotect 2011* untuk dengan memasukkan data-data meliputi *longitude*, *latitude*, waktu, *time zone (GMT)*, tanggal dan bulan. Hasil simulasi diatas akan di validasi di lapangan untuk mencocokkan dengan pembayangan yang terjadi pada obyek studi.
- d. Melakukan pengukuran pada obyek studi meliputi pengukuran tingkat suhu permukaan, suhu udara, intensitas sinar matahari, kelembaban dan kecepatan udara pada titik-titik ukur yang telah tentukan.

- e. Melakukan analisis secara deskriptif kuantitatif terhadap seluruh data-data yang telah diperoleh untuk menguji hipotesis yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian mengambil kesimpulan dari hasil pengujian hipotesis tersebut dengan memberikan pemaknaan secara kualitatif berdasarkan teori-teori yang telah diuraikan pada bab sebelumnya.

3.7. Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

a. Analisis pembayangan di area *courtyard*

Tujuan dari analisis pembayangan ini adalah untuk mengetahui bayangan yang terbentuk setiap jam serta pengaruhnya terhadap titik-titik pengukuran sehingga akan diketahui pada jam-jam tertentu mana titik yang terbayangi dan tidak terbayangi.

b. Analisis peranan pembayangan dengan pengendalian temperatur di *Area Courtyard*

Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan jawaban atas permasalahan utama dari penelitian ini yakni pengaruh pembayangan yang terbentuk pada area *courtyard* terhadap pengendalian temperatur. Pengukuran di setiap titik ukur baik yang terbayangi dan tidak terbayangi akan diperoleh perbandingan data-data berupa faktor iklim yang mempengaruhi suhu permukaan dan temperatur udara.

BAB IV

GAMBARAN UMUM STUDI KASUS

4.1. Lokasi Penelitian



GAMBAR 4.1.
Letak Astronomis Kawasan Universitas Diponegoro Semarang
Sumber: Olahan Penulis Dari Google Earth, 2015

Penelitian ini akan difokuskan pada area *courtyard* bangunan gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro. Bangunan ini terletak di kawasan kampus Universitas Diponegoro di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Secara umum letak astronomi Kota

Semarang berada pada $6^{\circ}50'$ - $7^{\circ}10'$ LS dan $109^{\circ}35'$ - $110^{\circ}50'$ BT, namun lebih detail lagi bila ditinjau dengan menggunakan program komputer untuk penginderaan jauh dapat dilihat posisi astronomis kawasan kampus Universitas Diponegoro Kecamatan Tembalang berada pada $7^{\circ}03'$ LS dan $110^{\circ}26'$ BT.

4.1.1. Kondisi Lingkungan

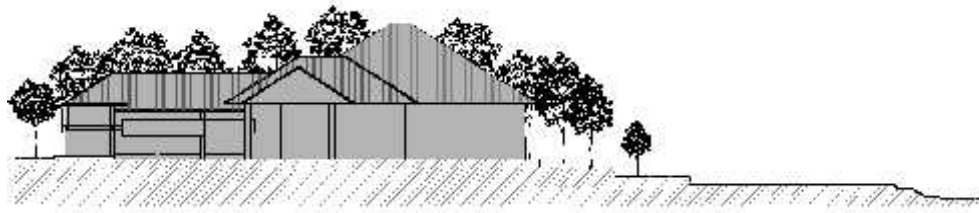
Gedung Widya Puraya berada pada lahan yang berkontur dengan elemen vegetasi berupa pohon-pohon peneduh tumbuh di sekitar bangunan.



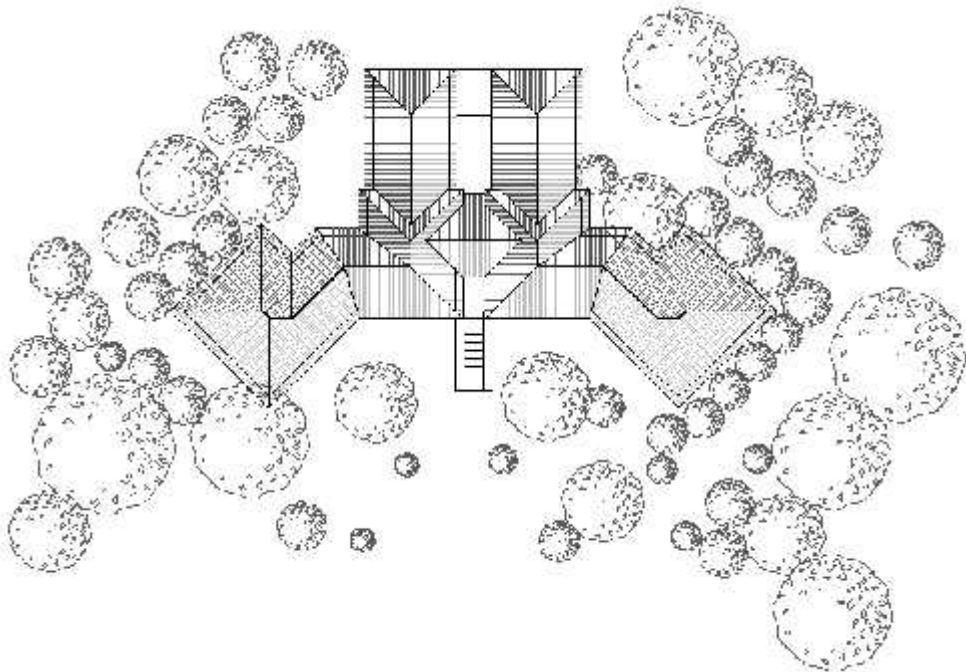
GAMBAR 4.2.
Tampak Depan Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang
Sumber: Dokumentasi Oleh Penulis, 2015

Kondisi lingkungan ini pasti ikut mempengaruhi terbentuknya iklim mikro di sekitar bangunan khususnya pada tingkat temperatur udara dan kecepatan angin. Keadaan permukaan tanah berpengaruh besar perilaku aliran udara, dimana kontur dapat mempercepat

bahkan memperlambat aliran udara serta mempengaruhi perubahan aliran udara terkait kecepatan, pola dan kualitas aliran udara, elemen vegetasi seperti pepohonan juga akan ikut mempengaruhi pola pergerakan udara (Boutet, 1987).



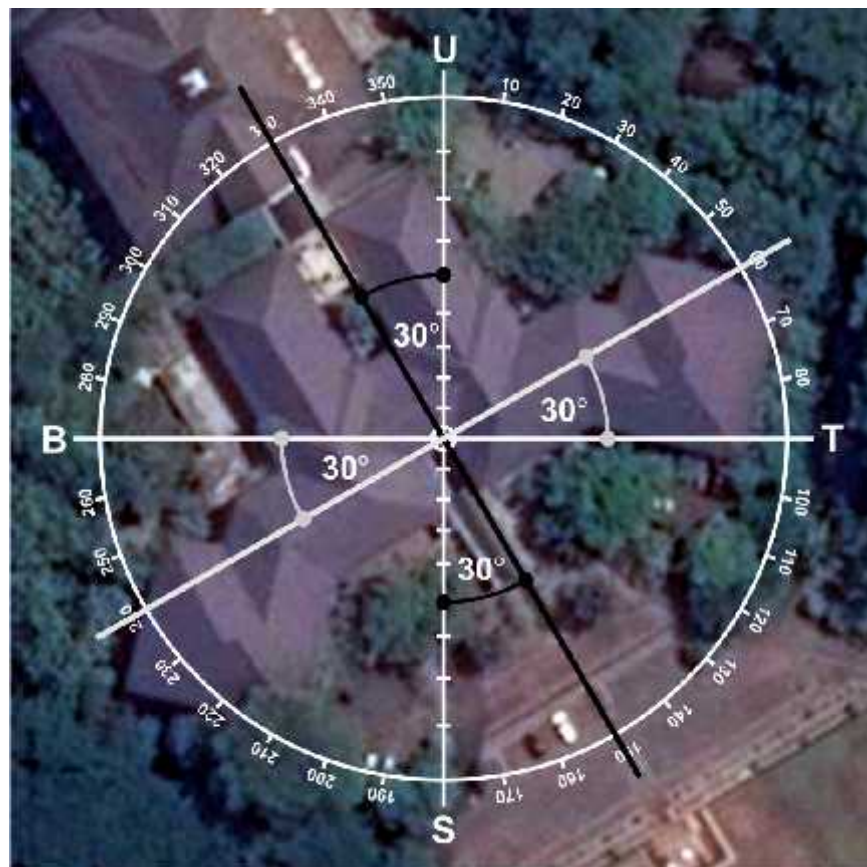
GAMBAR 4.3.
Sketsa Topografi Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang
Sumber: *Olahan Penulis, 2015*



GAMBAR 4.4.
Sebaran Elemen Vegetasi Di Luar Gedung Widya Puraya
Universitas Diponegoro Semarang
Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

4.1.2. Orientasi Bangunan

Orientasi bangunan gedung Widya Puraya adalah 30° dari arah Utara - Selatan ke arah Tenggara - Barat Laut. Sisi terpanjang bangunan membujur arah Timur - Barat bergeser 30° ke arah Timur Laut – Barat Daya.



GAMBAR 4.5.
Orientasi Bangunan Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang
Sumber: Olahan Penulis dengan Google Earth, 2015

4.2. Courtyard Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang

4.2.1. Bentuk dan Dimensi

Courtyard berbentuk persegi panjang, pada lantai I sisi panjang berada pada bagian timur laut dan barat daya dibatasi oleh koridor, serta sisi lebar *courtyard* berada pada bagian barat laut dibatasi oleh koridor dan bagian tenggara dibatasi oleh area *main hall*. Sedangkan pada bagian lantai II keempat sisi *courtyard* dibatasi oleh dinding balkon lantai II.



GAMBAR 4.6.
Denah Lt. 01 Area *Courtyard* Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

Lantai II :

- Empat buah kolom beton yang merupakan terusan dari lantai I.
- Kanopi sekaligus balkon dengan finishing permukaan berupa acian semen serta diberi cat tembok berwarna putih dengan tinggi 1,9 m dan ketebalan 0,15 m.



GAMBAR 4.8.

Fasad Arah Tenggara Area Courtyard

Sumber: *Olahan Penulis dari Hasil Observasi Lapangan, 2015*

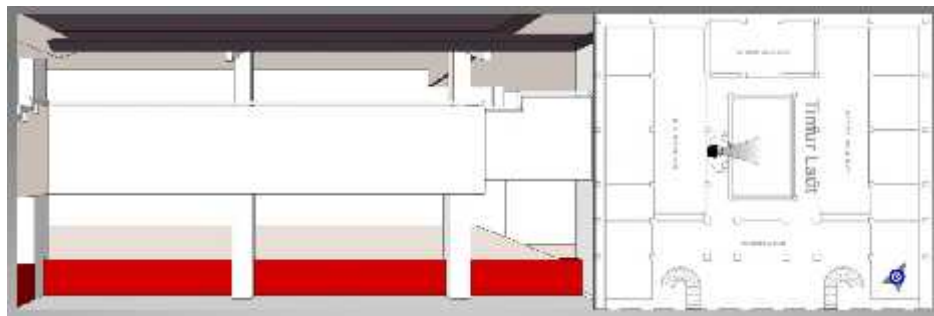
b. Fasad Arah Timur Laut (Kanan)

Lantai I :

- Dinding tepian lantai dengan ketinggian 0,9 m dari permukaan tanah. Finishing permukaan berupa acian semen serta diberi cat berwarna merah dengan efek *gloss*. Material lantai dari bahan granit yang berwarna cerah.
- Kolom beton dengan material permukaan kolom berupa acian semen serta diberi warna cerah.

Lantai II :

- Kanopi sekaligus balkon dengan finishing permukaan berupa acian semen serta diberi cat tembok berwarna putih. Memiliki dimensi tinggi 2,3 m dengan ketebalan 0,15 m.
- Lisplank kayu berwarna gelap dengan efek *gloss*.



GAMBAR 4.9.

Fasad Arah Timur Laut Area Courtyard

Sumber: Olahan Penulis dari Hasil Observasi Lapangan, 2015

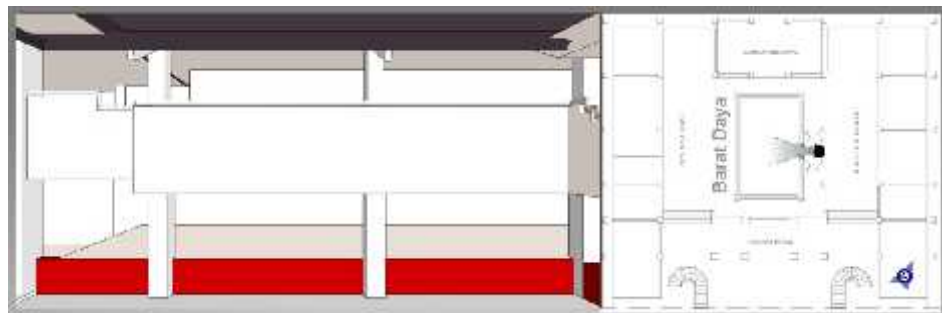
c. Fasad Arah Barat Daya (Kiri)

Lantai I :

- Dinding tepian lantai dengan ketinggian 0,9 m dari permukaan tanah dengan finishing permukaan berupa acian semen serta diberi cat berwarna merah dengan efek *gloss*. Material lantai dari bahan granit yang berwarna cerah.
- Kolom beton yang berjarak 6 meter. Permukaan kolom berupa acian semen serta diberi warna cerah.

Lantai II :

- Kanopi sekaligus balkon dengan finishing permukaan berupa acian semen serta diberi cat tembok berwarna putih. Memiliki dimensi tinggi 2,3 m dengan ketebalan 0,15 m.
- Lisplank kayu berwarna gelap dengan efek *gloss*.



GAMBAR 4.10.

Fasad Arah Barat Daya Area Courtyard

Sumber: Olahan Penulis dari Hasil Observasi Lapangan, 2015

d. Fasad Barat Laut (Belakang)

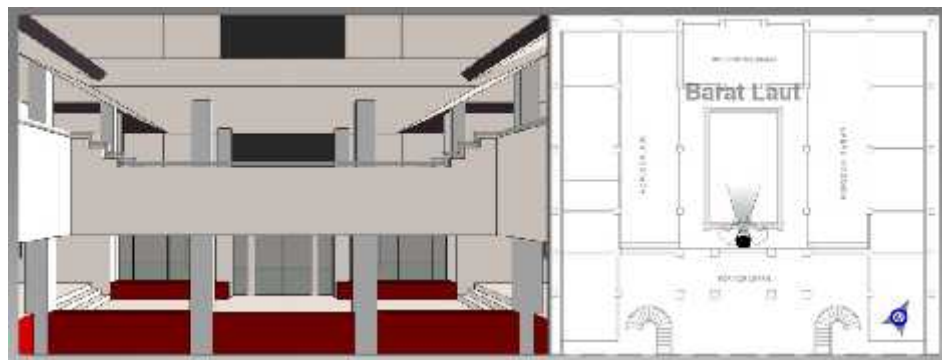
Lantai I :

- Sebuah dinding yang berfungsi sebagai pembatas antara koridor dan area taman dengan ketinggian 0,9 m dari permukaan tanah dan tebal 0,15 m. Permukaan dinding berupa acian semen serta ditutupi dengan cat berwarna merah dengan efek *glossy*.
- Dinding pembatas sekaligus difungsikan sebagai tempat tanaman hias dengan tinggi 0,9 m. Permukaan dinding berupa acian semen serta ditutupi dengan cat berwarna merah dengan efek *glossy*.

- Empat buah kolom beton dengan materail permukaan berupa acian semen serta diberi warna cerah.

Lantai II :

- Kanopi sekaligus balkon dengan finishing permukaan berupa acian semen serta diberi cat tembok berwarna putih. Memiliki dimensi tinggi 1,9 m dengan ketebalan 0,15 m.
- Lisplank beton berwarna putih.



GAMBAR 4.11.

Fasad Arah Barat Laut Area Courtyard

Sumber: *Olahan Penulis dari Hasil Observasi Lapangan, 2015*

4.2.3. Elemen Lansekap

Elemen-elemen lansekap yang terdapat pada taman di area tengah *courtyard* terdiri atas *hard* material yaitu:

- Hard* Material, berupa material non-tanaman diantaranya saluran air dengan berfungsi untuk menampung air hujan yang jatuh dari atap. Di antara saluran air dan dinding batas lantai koridor terdapat hamparan batu kerikil. Di bagian tengah taman terdapat batu alam buatan yang berbentuk tebing dan mengelilingi kolam hias.

b. *Soft Material*, berupa elemen vegetasi yang didominasi oleh jenis tanaman pohon dan tanaman daun. Terdapat beberapa jenis pohon yakni pohon cemara jarum yang telah mencapai ketinggian $\pm 10 - 12$ meter, pohon lengkeng, dan jenis palem. Tanaman daun diantaranya adalah jenis *dieffenbachia* atau yang dikenal dengan daun bahagia yang ditanam pada sisi timur dan barat dinding batas lantai koridor serta di bagian dinding pembatas bagian utara. Pada bagian selatan terdapat tanaman jenis pakis. Di bagian tengah yakni area yang mengelilingi kolam hias terdapat hamparan rumput gajah. Di sekitar kolam pula terdapat tanaman *bromelia* dengan daun yang berwarna ungu tua. Tanaman daun lainnya yang ditanam atau ditempatkan seolah-olah tidak beraturan diantaranya adalah jenis *anthurium* yang berdaun lebar atau dikenal dengan istilah kuping gajah, tanaman *agave variegata* yakni jenis tanaman daun yang berduri serta pakis haji.



GAMBAR 4.12.
Elemen Lansekap Pada Area Courtyard Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Identifikasi Obyek Pengamatan

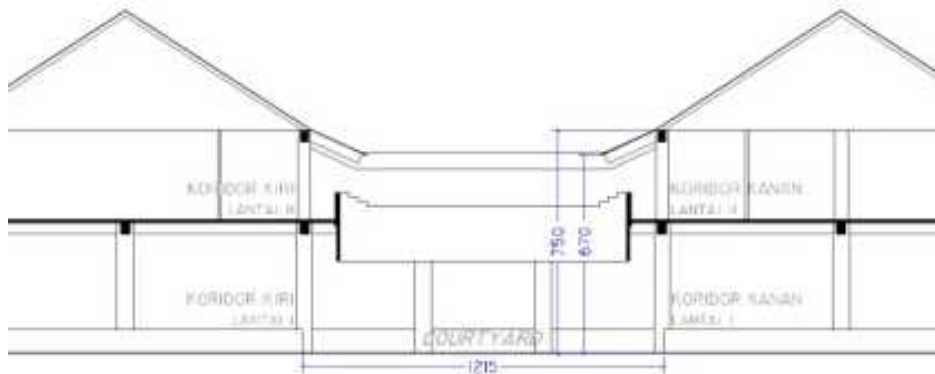
Obyek pengamatan dalam penelitian ini yakni pada area tengah *courtyard*, serta area disekitarnya yaitu area *main hall*, koridor lantai I dan koridor lantai II yang secara struktural berperan sebagai pembentuk *courtyard* tersebut. Obyek pengamatan difokuskan pada permukaan-permukaan yang terbayangi dan tidak terbayangi.

5.1.1. Area Lantai I

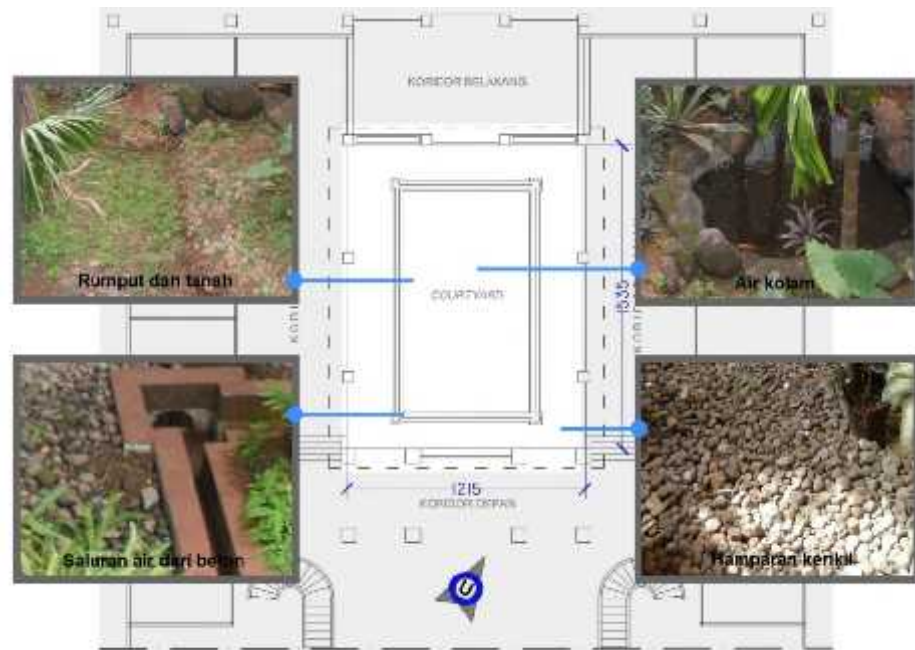
a. Bagian Tengah *Courtyard*

Area ini memiliki dimensi lebar 12,15 m dan panjang 15,35 m sehingga luas area tersebut adalah 186,50 m². Tinggi rata-rata fasad keliling adalah 7,5 m. Dari ukuran-ukuran ini dapat diketahui aspek rasio *courtyard* yakni luas bidang lantai dibagi tinggi rata-rata fasad dinding keliling kurang lebih 25 : 1.

Material permukaan pada area ini terdiri dari batu kerikil berukuran besar yang berdiameter antara 5 – 7 cm, rumput dan tanah, saluran tangkapan air hujan berupa plesteran dengan acian serta kolam air.



GAMBAR 5.1.
Potongan Melintang Area *Courtyard* Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

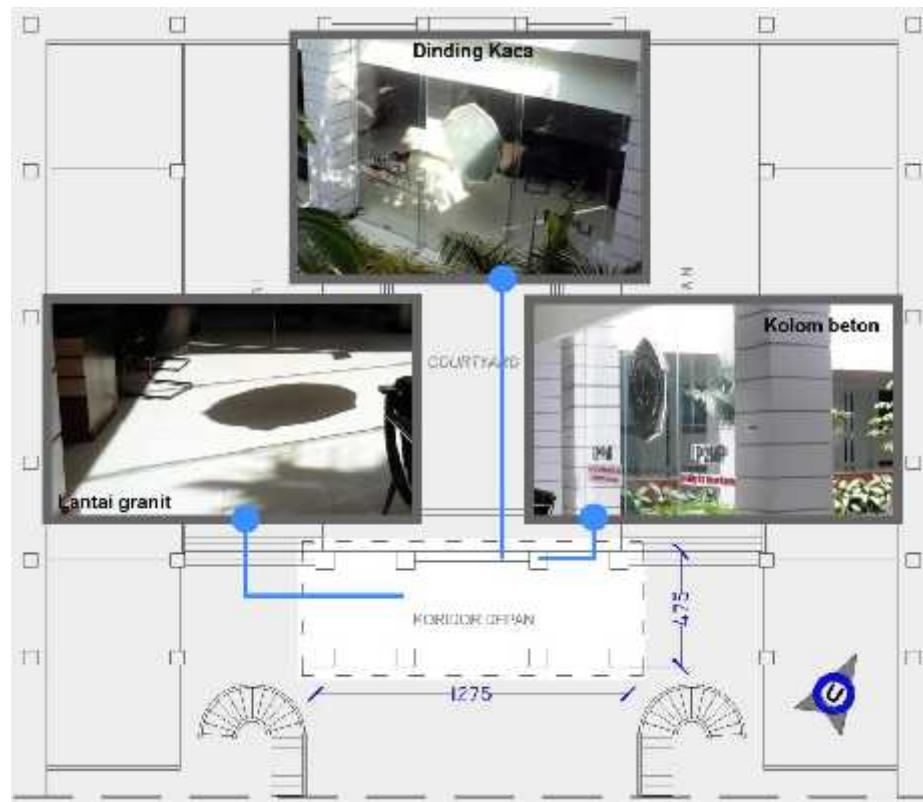


GAMBAR 5.2.
Material Permukaan di *Courtyard* Gedung Widya Puraya UNDIP Semarang
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

b. Koridor Bagian Depan (Tenggara)

Area *main hall* yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah area yang berada dekat atau berbatasan langsung dengan *courtyard*. Material pada area ini meliputi granit sebagai penutup lantai, dinding kaca dengan ketebalan 0,8 mm serta kolom struktur

berdimensi 75 cm x 75 cm dengan material permukaan berupa acian semen dengan finishing cat tembok. Ketinggian lantai 8 cm dari permukaan *courtyard*.



GAMBAR 5.3.
Material Permukaan di Area Main Hall (Koridor Bagian Depan Lantai I)
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

c. Koridor Bagian Kanan (Timur Laut)

Luas area koridor bagian kanan adalah 114,14 m² dengan ketinggian lantai dari permukaan *courtyard* adalah 1 m. Material permukaan lantai yakni ditutupi granit sedangkan material permukaan pinggiran dinding lantai adalah acian semen dan finishing cat tembok dengan efek *glossy*. Kolom struktur

berdimensi 58 cm x 58 cm dengan material permukaan berupa acian semen dengan finishing cat tembok.



GAMBAR 5.4.
Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kanan Lantai I
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

d. Koridor Bagian Kiri (Barat Daya)

Area koridor bagian kiri memiliki kesamaan dengan koridor bagian kanan namun posisinya saling berlawanan arah. Luas area koridor bagian kiri seperti halnya koridor bagian kanan adalah 114,14 m² dengan ketinggian lantai dari permukaan *courtyard* adalah 1 m. Material permukaan lantai yakni ditutupi granit sedangkan material permukaan pinggiran dinding lantai

adalah acian semen dan finishing cat tembok dengan efek *glossy*. Kolom struktur berdimensi 58 cm x 58 cm dengan material permukaan berupa acian semen dengan finishing cat tembok.



GAMBAR 5.5.
Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kiri Lantai I
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

e. Koridor Bagian Belakang (Barat Laut)

Pada area ini ketinggian lantai sama dengan permukaan *courtyard* dan luas area 68,94 m². Material permukaan pada area ini meliputi granit sebagai penutup lantai, pada dinding pembatas berupa acian semen dengan finishing cat berwarna merah dengan efek *glossy* serta kolom struktur berdimensi 58 cm x 58 cm

dengan material permukaan berupa acian semen dengan finishing cat tembok.

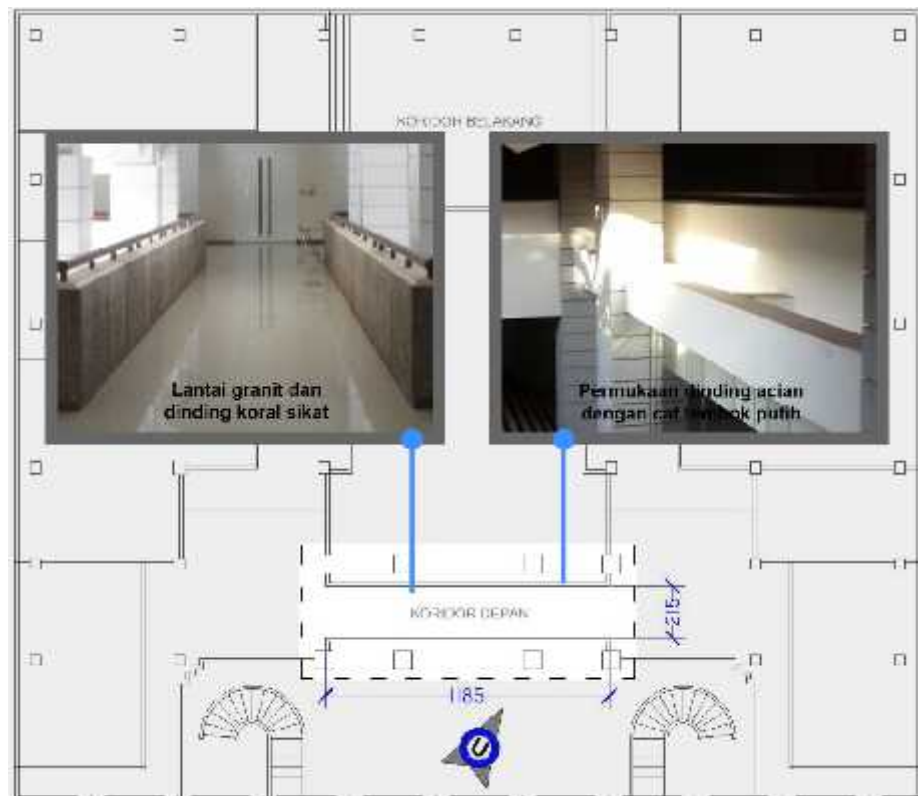


GAMBAR 5.6.
Material Permukaan di Area Koridor Bagian Belakang Lantai I
Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

5.1.2. Area Lantai II

a. Koridor Bagian Depan (Tenggara)

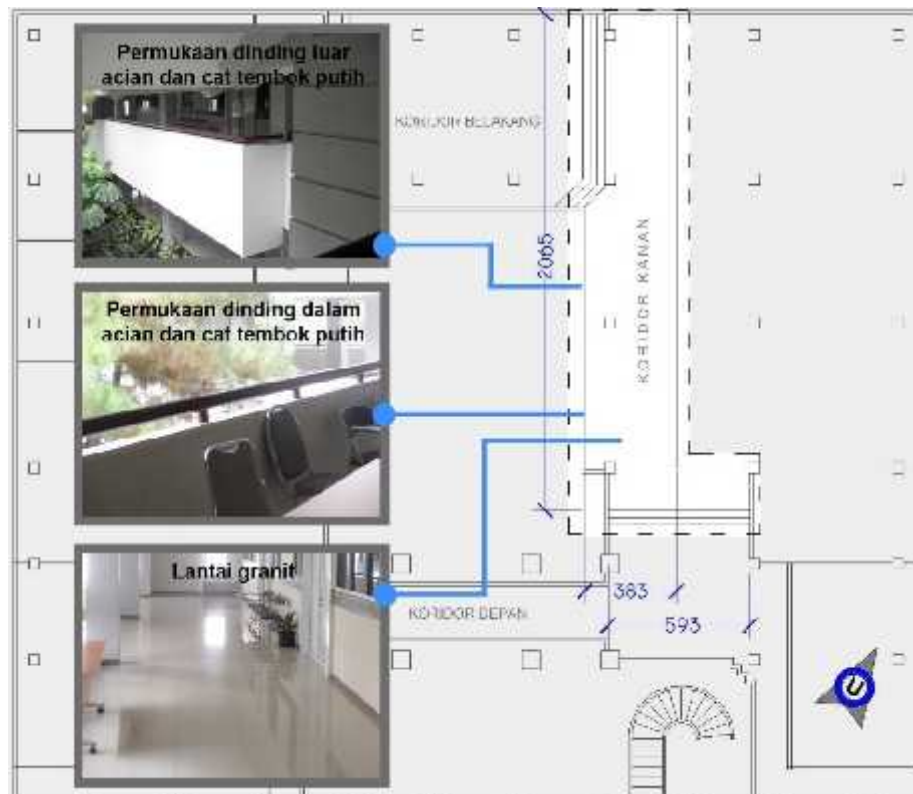
Material permukaan meliputi granit sebagai penutup lantai, koral sikat pada dinding balkon bagian dalam dan acian semen dengan finishing cat tembok berwarna putih pada dinding bagian luarnya. Tinggi dinding balkon adalah 0,9 m.



GAMBAR 5.7.
Material Permukaan di Area Koridor Bagian Depan Lantai II
 Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

b. Koridor Bagian Kanan (Timur Laut)

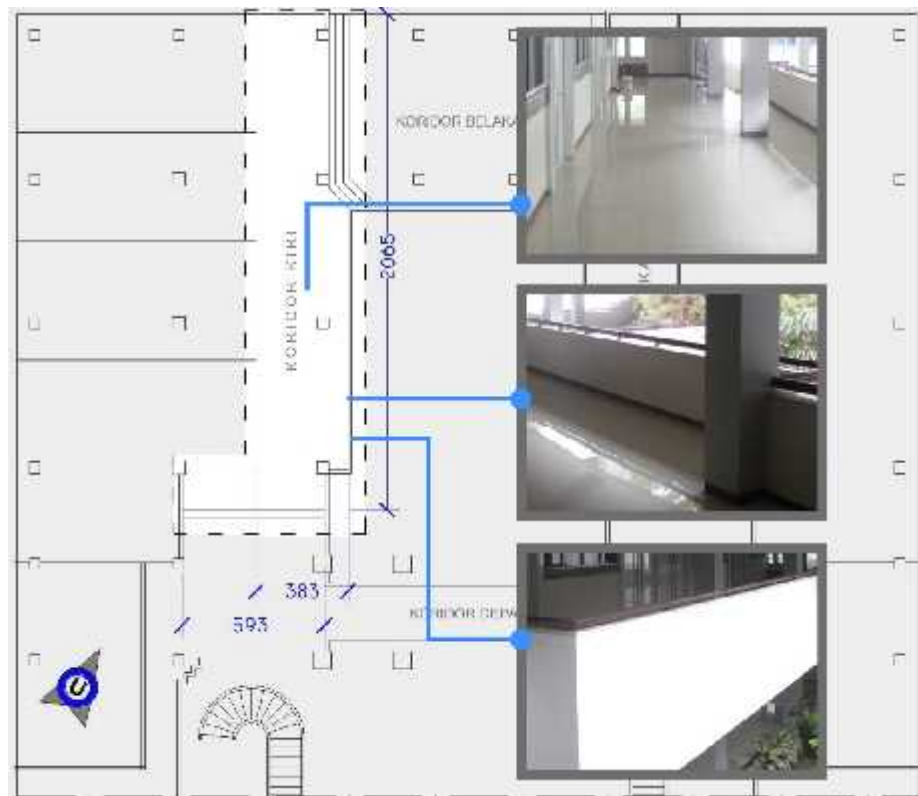
Luas area koridor bagian kanan adalah 76,13 m². Tinggi dinding balkon dari permukaan lantai adalah 0,9 m. Material permukaan dinding dalam dan luar adalah acian semen dengan finisihing cat tembok berwarna putih, sedangkan material permukaan lantai berupa granit.



GAMBAR 5.8.
Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kanan Lantai II
 Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

c. Koridor Bagian Kiri (Barat Daya)

Seperti halnya pada lantai I, demikian pula koridor bagian kiri lantai II memiliki kesamaan fisik dengan koridor bagian kanan namun secara posisi berbalik arah. Luas area koridor bagian kanan adalah 76,13 m². Tinggi dinding balkon dari permukaan lantai adalah 0,9 m. Material permukaan dinding dalam dan luar adalah acian semen dengan finishing cat tembok berwarna putih, sedangkan material permukaan lantai berupa granit.



GAMBAR 5.9.
Material Permukaan di Area Koridor Bagian Kiri Lantai II
 Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

d. Koridor Bagian Belakang (Barat Laut)

Luas area ini adalah 78,5 m², Material permukaan pada area ini meliputi granit sebagai penutup lantai, pada dinding balkon luar dan dalam berupa acian semen dengan finishing cat tembok berwarna putih.



GAMBAR 5.10.
Material Permukaan di Area Koridor Bagian Belakang Lantai II
 Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2015

5.2. Analisis Pembayangan Pada Area Courtyard

Pembayangan yang diperoleh dari simulasi komputer akan disesuaikan dengan kondisi sebenarnya untuk mengetahui kedudukan daerah yang terbayangi dan tidak terbayangi terhadap titik-titik ukur yang telah ditentukan. Simulasi pembayangan untuk lantai I di atur pada hari Kamis 4 Juni 2015 sedangkan untuk lantai II pada hari Jumat 5 Juni 2015 dimulai pukul 07.00 wib hingga pukul 17.00 wib sesuai dengan waktu pengukuran lapangan.

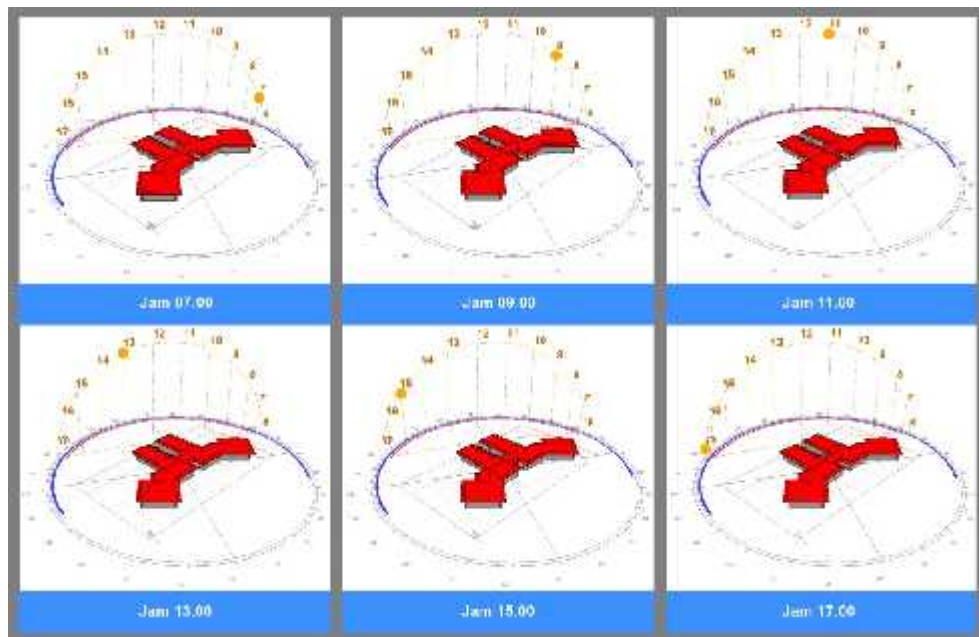
5.2.1. Analisis Sudut Jatuh Matahari dan Sudut Bayangan

Posisi matahari terhadap obyek pengamatan membentuk sudut azimut dan altitud. Analisis azimut dan altitud diperoleh dari hasil kalkulasi program komputer *Ecotect 2011* dengan memasukkan data-data sesuai dengan kondisi letak astronomi gedung Widya Puraya yakni pada 7°03' LS dan 110°26' BT serta orientasi bangunan bergeser 30° dari arah Utara - Selatan ke arah Tenggara - Barat Laut. Tabel berikut merupakan hasil kalkulasi azimut dan altitud matahari serta simulasi posisi matahari terhadap obyek pada tanggal 4 Juni 2015.

Tabel 5.1.
Azimut dan Altitud Pada Tanggal 4 Juni 2015

Jam (WIB)	Azimut (°)	Altitud (°)
07.00	64,4	16
08.00	59,6	29,1
09.00	51,8	41,5
10.00	38,7	52,1
11.00	17,4	59,2
12.00	-10,2	60,2
13.00	-33,9	54,5
14.00	-48,9	44,6
15.00	-57,9	32,6
16.00	-63,3	19,6
17.00	-66,6	6,1

Sumber: Hasil Ananlis Ecotect Oleh Penulis, 2015



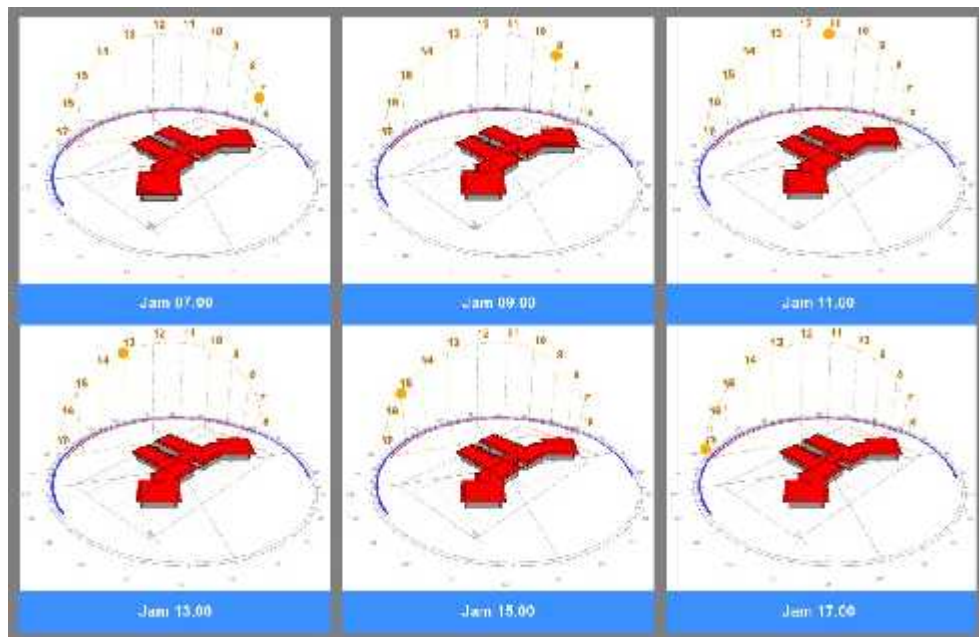
GAMBAR 5.11.
Simulasi Posisi Matahari Terhadap Obyek Pada Tanggal 4 Juni 2015
 Sumber: Hasil Ananlis Ecotect Oleh Penulis, 2015

Dan hasil kalkulasi besarnya sudut azimuth dan altitud serta simulasi posisi matahari terhadap obyek pada tanggal 5 Juni 2015 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.2.
Azimuth dan Altitud Pada Tanggal 5 Juni 2015

Jam (WIB)	Azimuth ($^{\circ}$)	Altitud ($^{\circ}$)
07.00	64,2	15,9
08.00	59,5	29,0
09.00	51,7	41,4
10.00	38,6	52,0
11.00	17,4	59,1
12.00	-10,1	60,1
13.00	-33,7	54,4
14.00	-48,7	44,5
15.00	-57,7	32,6
16.00	-63,2	19,6
17.00	-66,4	6,1

Sumber: Hasil Ananlis Ecotect Oleh Penulis, 2015



GAMBAR 5.12.
Simulasi Posisi Matahari Terhadap Obyek Pada Tanggal 5 Juni 2015
 Sumber: Hasil Analisis Ecotect Oleh Penulis, 2015

Dari data tersebut di atas dapat dilihat bahwa perbedaan azimuth antara tanggal 4 Juni dan 5 Juni terjadi setiap jamnya antara $0,1^{\circ}$ – $0,2^{\circ}$ sedangkan untuk altitud perbedaan hanya $0,1^{\circ}$ untuk setiap jamnya. Simulasi posisi matahari terhadap obyek dapat dilihat pada gambar 5.11 dan 5.12. Dari hasil simulasi terlihat bahwa elemen dominan pembentuk bayangan pada area *courtyard* adalah struktur bangunan bagian kanan, kiri dan belakang, hal ini disebabkan oleh orientasi *courtyard* terhadap garis edar matahari.

Untuk hasil kalkulasi besaran sudut bayangan horizontal (*Horizontal Shadow Angle*) dan sudut bayangan vertikal (*Vertikal Shadow Angle*) sesuai dengan orientasi fasad-fasad bangunan yang ada di sekeliling *courtyard*. Berikut adalah hasil kalkulasi sudut-sudut

bayangan berdasarkan orientasi empat fasad bangunan di sekeliling *courtyard* tersebut:

Tabel 5.3.
Sudut Bayangan Pada Tanggal 4 Juni 2015

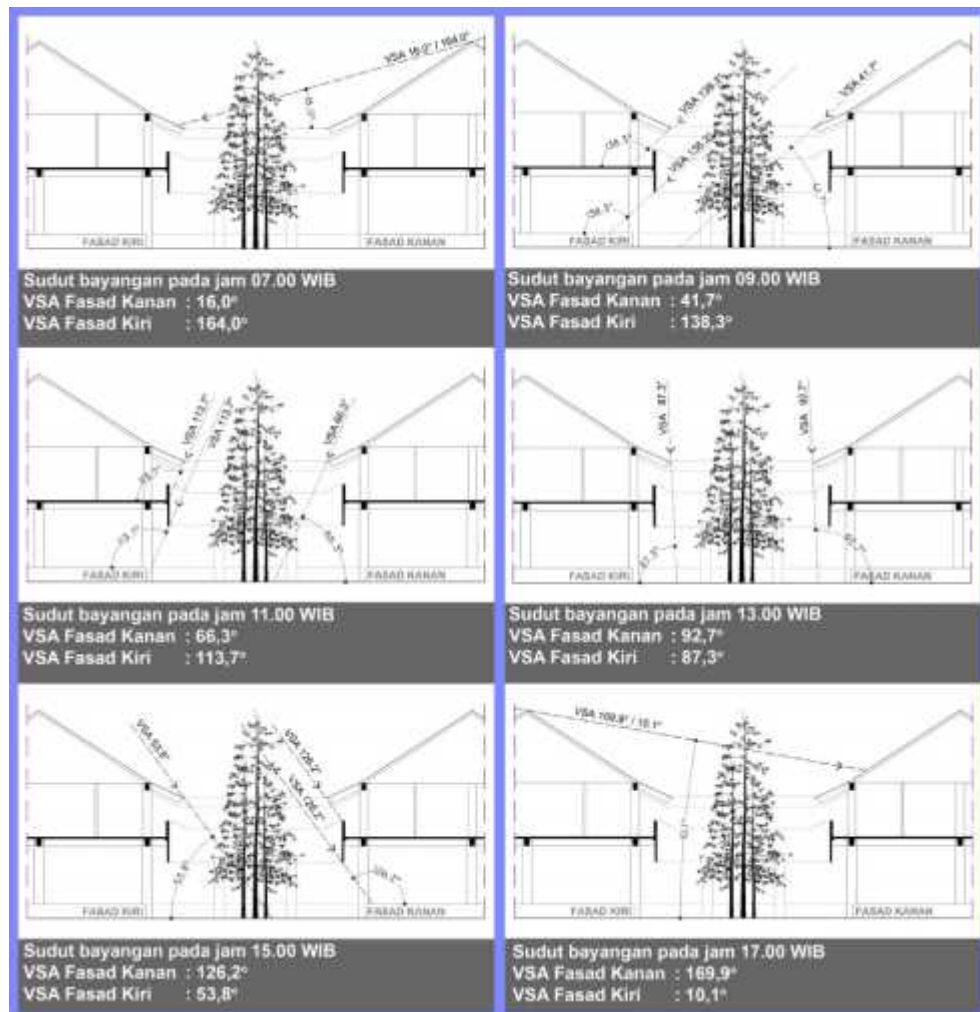
Jam (WIB)	Fasad Depan (°)		Fasad Belakang (°)		Fasad Kanan (°)		Fasad Kiri (°)	
	HSA	VSA	HSA	VSA	HSA	VSA	HSA	VSA
07.00	-85,6	75,1	-85,6	75,1	4,4	16,0	-175,6	164,0
08.00	-90,4	90,7	-90,4	90,7	-0,4	29,1	179,6	150,9
09.00	-98,2	99,2	-98,2	99,2	-8,2	41,7	171,8	138,3
10.00	-111,3	105,8	-111,3	105,8	-21,3	54,0	158,7	126,0
11.00	-132,6	111,9	-132,6	111,9	-42,6	66,3	137,4	113,7
12.00	-160,2	118,3	-160,2	118,3	-70,2	79,0	109,8	101,0
13.00	176,1	125,4	176,1	125,4	-93,9	92,7	86,1	87,3
14.00	161,1	133,9	161,1	133,9	-108,9	108,2	71,1	71,8
15.00	152,1	144,2	152,1	144,2	-117,9	126,2	62,1	53,8
16.00	146,7	157,0	146,7	157,0	-123,3	147,1	56,7	32,9
17.00	143,4	172,4	143,4	172,4	-126,6	169,9	53,4	10,1

Sumber: Hasil Ananlis Ecotect Oleh Penulis, 2015

Tabel 5.4.
Sudut Bayangan Pada Tanggal 5 Juni

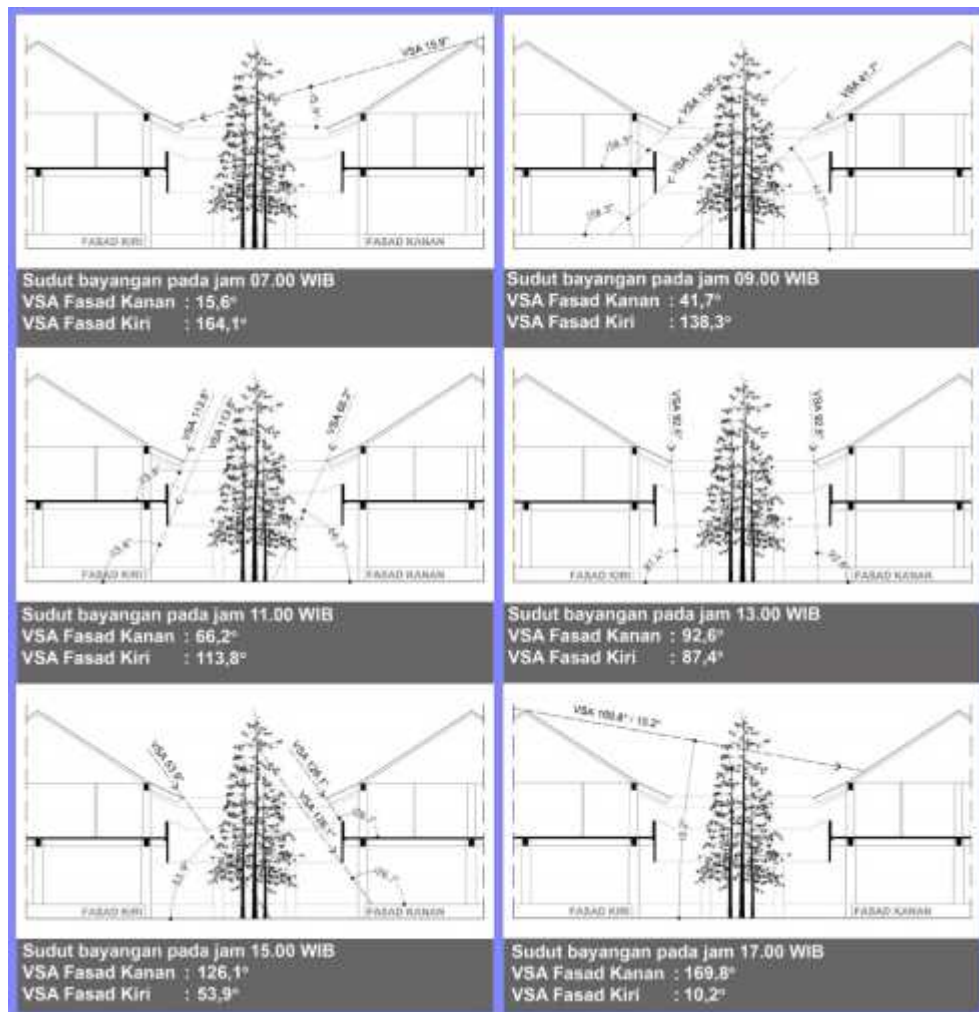
Jam (WIB)	Fasad Depan (°)		Fasad Belakang (°)		Fasad Kanan (°)		Fasad Kiri (°)	
	HSA	VSA	HSA	VSA	HSA	VSA	HSA	VSA
07.00	-85,8	75,4	-85,8	75,4	4,2	15,9	-175,8	164,1
08.00	-90,5	90,9	-90,5	90,9	-0,5	29,0	179,5	151,0
09.00	-98,3	99,3	-98,3	99,3	-8,3	41,7	171,7	138,3
10.00	-111,4	105,9	-111,4	105,9	-21,4	53,9	158,6	126,1
11.00	-132,6	112,0	-132,6	112,0	-42,6	66,2	137,4	113,8
12.00	-160,1	118,4	-160,1	118,4	-70,1	78,9	109,9	101,1
13.00	176,3	125,5	176,3	125,5	-93,7	92,6	86,3	87,4
14.00	161,3	133,9	161,3	133,9	-108,7	108,1	71,3	71,9
15.00	152,3	144,2	152,3	144,2	-117,7	126,1	62,3	53,9
16.00	146,8	157,0	146,8	157,0	-123,2	147,0	56,8	33,0
17.00	143,6	172,4	143,6	172,4	-126,4	169,8	53,6	10,2

Sumber: Hasil Ananlis Ecotect Oleh Penulis, 2015



GAMBAR 5.13.
Sudut Bayangan Vertikal Pada Fasad Kanan dan Kiri Tanggal 4 Juni 2015
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

Pada tabel 2.3. dan 2.4. dapat dilihat bahwa pada fasad depan dan belakang masing-masing memiliki kesamaan besaran sudut bayangan horizontal dan vertikal hal ini disebabkan oleh kedua fasad tersebut berada searah dengan arah lintasan matahari, sedangkan fasad kiri dan kanan orientasi menghadap arah lintasan matahari. Perbedaan besaran sudut-sudut bayangan antara tanggal 4 Juni dan 5 Juni adalah antara $0,1^{\circ}$ – $0,3^{\circ}$.



GAMBAR 5.14.
Sudut Bayangan Vertikal Pada Fasad Kanan dan Kiri Tanggal 5 Juni 2015
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

Dari hasil analisis sudut jatuh sinar matahari dan sudut bayangan dapat diketahui bahwa elemen pembentuk bayangan pada area *courtyard* adalah struktur bangunan koridor depan, kanan, belakang serta vegetasi yang ada di tengah *courtyard* tersebut. Pada struktur bangunan koridor bagian kiri dan kanan, teritisan dan dinding balkon yang memegang peranan dalam pembentukan bidang bayangan. Untuk menghitung indeks bayangan yang terjadi pada

area *courtyard* diambil patokan dimensi tinggi dari permukaan *courtyard* ke ujung teritisan yakni 6,7m dibagi panjang dinding utara – selatan 15,35m. Sehingga indeks bayangan adalah 0,436 atau 43%.

5.2.2. Analisis Bidang Pembayangan

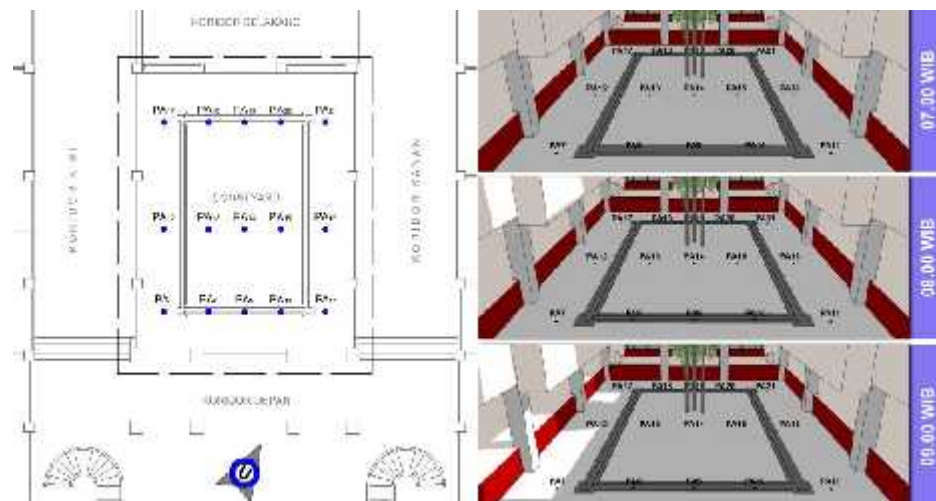
Sudut-sudut bayangan akan membentuk bidang pembayangan dan bidang penyinaran. Keduanya secara variatif akan mengenai titik-titik ukur pada bidang permukaan di setiap area. Dengan menggunakan simulasi pembayangan pada program *Google Sketchup 8* akan terlihat pembayangan yang terjadi. Bayangan tersebut dibentuk oleh struktur bangunan yang mengelilingi area *courtyard* serta elemen vegetasi yang ada di bagian tengah *courtyard*.

5.2.2.1. Bidang pembayangan area lantai I

a. Bagian Tengah *Courtyard*

Jumlah titik ukur pada bagian tengah *courtyard* ada 15 titik yakni titik PA7, PA8, PA9, PA10, PA11, PA12, PA13, PA14, PA15, PA16, PA17, PA18, PA19, PA20 dan PA21. Pada simulasi pembayangan gambar 5.15. dapat dilihat pada jam 07.00 semua titik ukur tersebut terbayangi oleh struktur bangunan yang terbentuk dari struktur bangunan bagian kanan *courtyard* dimana sinar matahari berasal. Hal ini dikarenakan sudut bayangan matahari jatuh masih pada area lantai koridor bagian kiri sehingga

bayangan yang terbentuk menutupi seluruh area tengah *courtyard*. Pada jam 09.00 kombinasi bidang terbayangi dan tersinari mulai terbentuk, bidang permukaan kerikil bagian kiri yang menerima sinar matahari lebih dahulu yakni titik PA7 dan PA17 sedangkan PA12 terbayangi oleh pohon dan titik lainnya terbayangi oleh struktur bangunan bagian kanan.



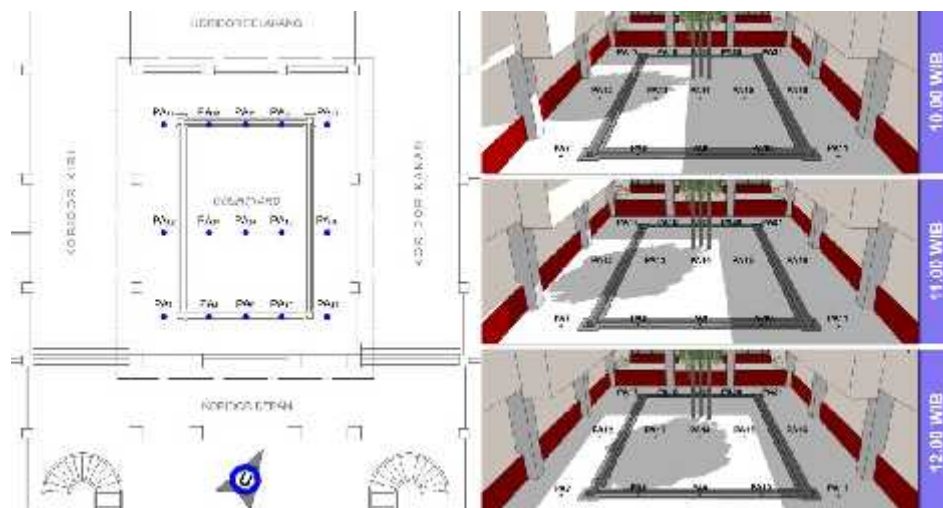
GAMBAR 5.15.
Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah *Courtyard* 4 Juni 2015
Jam 07.00 - 09.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

Untuk membandingkan gambar hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 5.16 yakni kondisi riil di lapangan hasil pengamatan jam 07.00 hingga jam 09.00.



GAMBAR 5.16.
Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Jam 07.00 - 09.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

Selanjutnya kombinasi bidang bayangan dan bidang yang tersinari terus terjadi, pada jam 10.00 titik ukur yang tersinari bertambah yakni titik PA7 dan PA8 sedangkan titik PA12, PA13 terbayangi pohon dan titik lainnya terbayangi oleh struktur bangunan bagian kanan dan belakang. Pada jam 11.00 jumlah titik yang tersinari adalah titik PA7, PA8 dan PA9 sedangkan titik PA12, PA13, PA14 terbayangi pohon dan titik lainnya terbayangi oleh struktur bangunan bagian kanan dan belakang.



GAMBAR 5.17.
Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Jam 10.00 - 12.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

Di jam 12.00 kombinasi bidang bayangan dan bidang yang tersinari terus terjadi, titik-titik yang tersinari semakin bertambah yakni titik PA7, PA8, PA9, PA10, PA12, PA13 dan PA15, sedangkan titik PA14 terbayangi pohon serta titik PA11, PA16 terbayangi struktur bangunan bagian kanan dan titik PA 17, PA18, PA19, PA20, PA21 terbayangi oleh struktur bangunan bagian belakang. Pada jam ini merupakan puncak terjadinya penyinaran maksimal pada titik-titik ukur yang ada di area tengah *courtyard*.

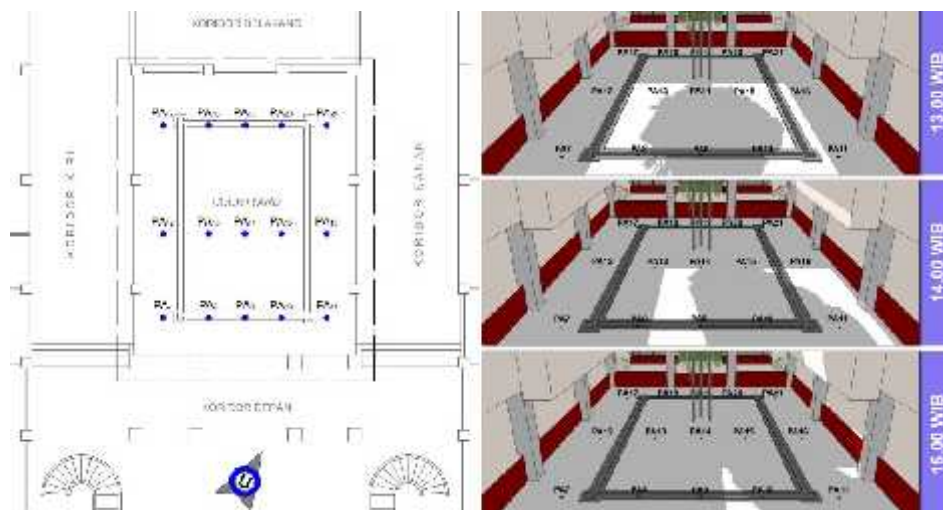


GAMBAR 5.18.
Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Jam 10.00 - 12.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

Hasil simulasi pembayangan dari jam 10.00 hingga jam 12.00 dapat dilihat pada gambar 5.17 dan untuk membandingkan dengan kondisi riil hasil pengamatan pada gambar 5.18.

Posisi matahari semakin bergeser ke arah barat, pada jam 13.00 menyebabkan perubahan pola bidang tersinari dan terbayangi. Di jam ini titik yang tersinari adalah titik PA10, PA11, PA13 dan PA16, sedangkan titik yang terbayangi pohon adalah titik PA8, PA9, PA14 dan PA15. Titik lainnya terbayangi oleh struktur bangunan bagian kanan, kiri dan belakang. Pada jam

14.00 titik yang tidak terbayangi adalah titik pada permukaan saluran beton yakni PA9, sedangkan titik PA10 dan PA11 terbayangi oleh pohon. Sebagian besar titik lainnya pada jam 14.00 terbayangi oleh struktur bangunan bagian kiri dan belakang. Pada jam 15.00 bidang yang tersinari semakin kecil, bayangan pohon menutupi titik PA10 dan PA11 sedangkan titik lainnya terbayangi oleh struktur bangunan. Simulasi pembayangan dari pada jam 13.00 hingga jam 15.00 dapat dilihat pada gambar 5.19, sedangkan gambar 5.20 merupakan gambar kondisi pembayangan riil sebagai perbandingan.

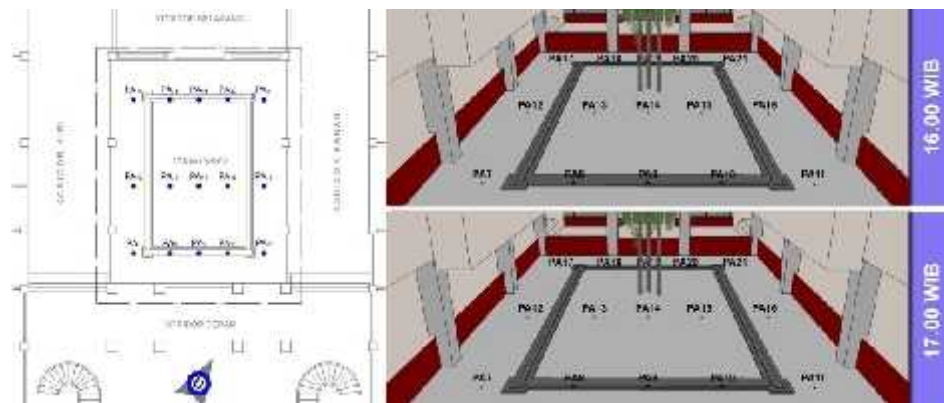


GAMBAR 5.19.
Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Jam 13.00 - 15.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015



GAMBAR 5.20.
Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Jam 13.00 - 14.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

Seiring dengan perpindahan posisi matahari ke arah barat, pada jam 16.00 dan 17.00 seluruh titik pada area *courtyard* telah ditutupi oleh bayangan struktur bangunan bagian kiri. Hal ini dapat dilihat pada simulasi gambar 5.21. dan kondisi riil gambar 5.22.



GAMBAR 5.21.
Simulasi Pembayangan di Bagian Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Jam 16.00 - 17.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015



GAMBAR 5.22.
Kondisi Riil Bayangan di Bagian Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Jam 15.00 - 17.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

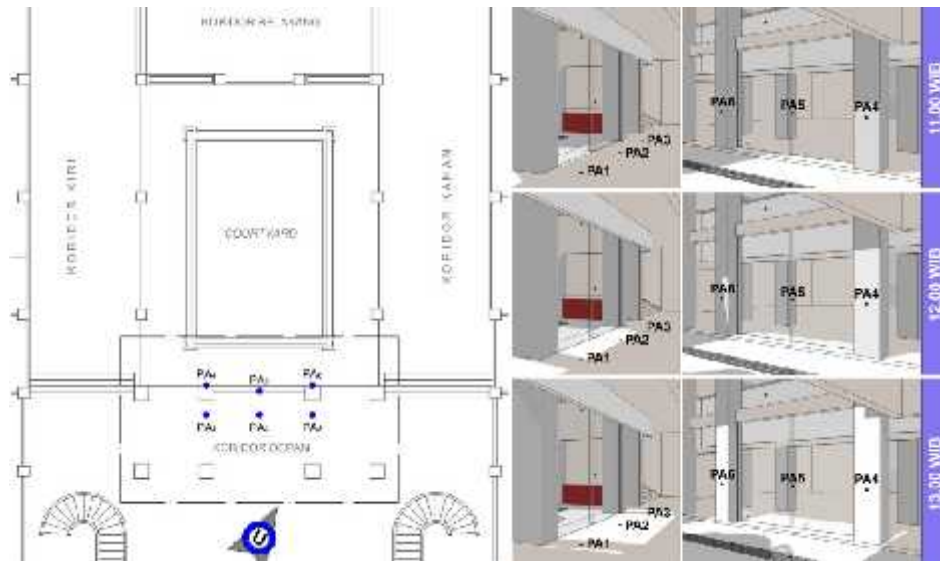
b. Koridor Bagian Depan

Pada jam jam 07.00 hingga jam 10.00 semua titik ukur di koridor bagian depan terbayangi oleh struktur bangunan itu sendiri. Titik-titik ukur di bagian ini berjumlah 7 titik yakni PA1, PA2, PA3 pada permukaan lantai granit, titik PA4, PA6 pada permukaan kolom beton bagian luar PA5 di permukaan dinding kaca bagian dalam dan luar. Gambar 5.23 merupakan gambar simulasi pembayangan pada jam 07.00 hingga jam 10.00.



GAMBAR 5.23.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 07.00 - 10.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

Selanjutnya di jam 11.00 kombinasi bidang yang terbayangi dan bidang yang tersinari terbentuk pada bagian ini. Sudut bayangan yang jatuh pada bagian fasad depan menyebabkan titik PA4 pada kolom luar dan PA5 pada dinding kaca bagian luar terkena sinar matahari sedangkan titik-titik lainnya masih terbayangi oleh struktur bangunan. Kemudian pada jam 12.00 posisi sudut bayangan semakin bergerak naik hingga mencapai permukaan lantai granit sehingga titik PA2 tersinari sedangkan titik PA1 dan PA3 terbayangi kolom. Di bagian fasad titik yang tersinari adalah masih titik PA4 dan PA5. Selanjutnya di jam 13.00 sinar matahari telah mencapai titik PA6, sedangkan PA1 dan PA3 pada permukaan lantai granit terbayangi oleh kolom. Pola bidang tersinari dan terbayangi jam 11.00 hingga jam 13.00 dapat dilihat pada gambar 5.24 yang merupakan gambar hasil simulasi dan gambar gambar 5.25 yang merupakan gambar kondisi riil sebagai perbandingan.



GAMBAR 5.24.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 11.00 - 13.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015



GAMBAR 5.25.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 11.00 - 13.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

Pergeseran posisi matahari di jam 14.00 menjadikan perubahan pada kombinasi bidang terbayangi dan bidang yang tersinari terhadap titik-titik ukur. Titik PA2 masih tetap berada pada bagian yang tersinari demikian halnya dengan titik PA5 dan PA6, sementara titik PA1 dan PA3 terbayangi oleh kolom serta titik PA4 telah terbayangi oleh struktur bangunan bagian kiri. Pada jam 15.00 hingga jam 16.00 titik-titik yang tadinya tersinari menjadi

terbayangi yakni titik PA5 dan PA6 terbayangi oleh pohon dan titik PA1, PA2 dan PA3 terbayangi oleh struktur bangunan bagian kiri. Simulasi pembayangan pada jam 14.00 hingga jam 16.00 dan kondisi riil pembayangan dapat dilihat pada gambar 5.26 dan 5.27.



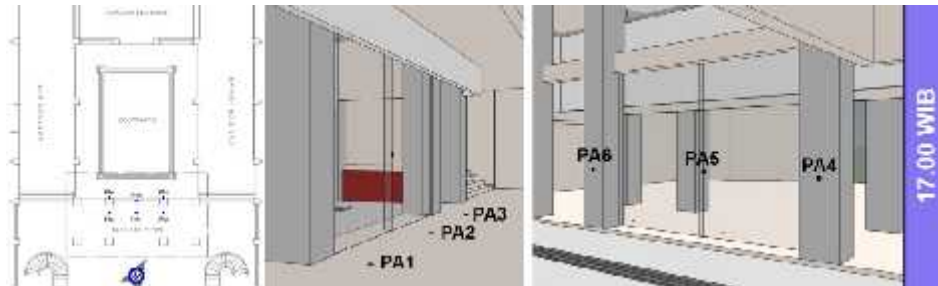
GAMBAR 5.26.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 14.00 - 16.00 WIB
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015



GAMBAR 5.27.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 14.00 - 16.00 WIB
Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

Selanjutnya pada jam 17.00 posisi matahari semakin condong ke arah barat sehingga sudut bayangan menjadi lebih besar terhadap fasad bangunan yang berorientasi terhadap arah

matahari akibatnya seluruh titik ukur terbayangi oleh struktur bangunan bagian kiri dan belakang.

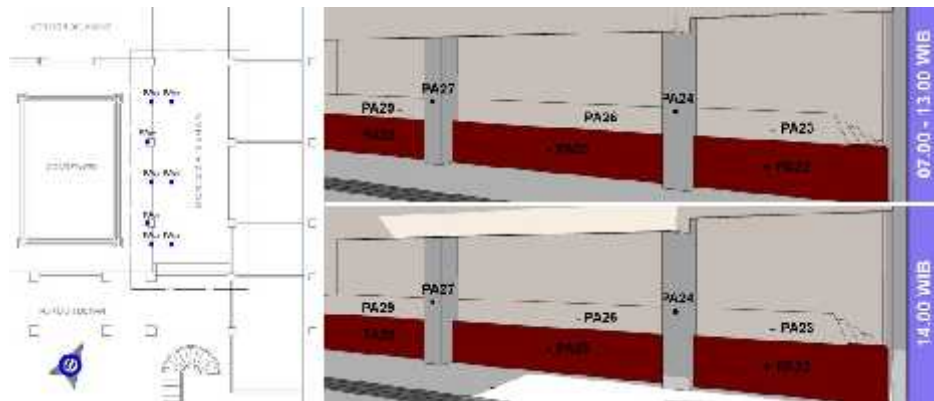


GAMBAR 5.28.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 17.00 WIB

Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

c. Koridor Bagian Kanan

Jumlah titik ukur di bagian ini adalah 8 titik yakni PA22, PA25, PA28 yang merupakan permukaan dinding pembatas lantai, titik PA24 dan PA27 pada permukaan kolom beton serta titik PA23, PA26 dan PA29 pada permukaan lantai granit. Pada jam 07.00 hingga jam 13.00 bahkan hingga jam 14.00 semua titik dan permukaan di bagian ini tertutupi oleh bayangan. Bayangan yang menutupi adalah bayangan struktur bangunan bagian kanan itu sendiri. Simulasi pembayangan dari jam 07.00 hingga jam 14.00 dapat dilihat pada gambar 5.29, sedangkan gambar 5.30 menunjukkan kondisi riil pembayangan pada jam 12.00 hingga jam 13.00.

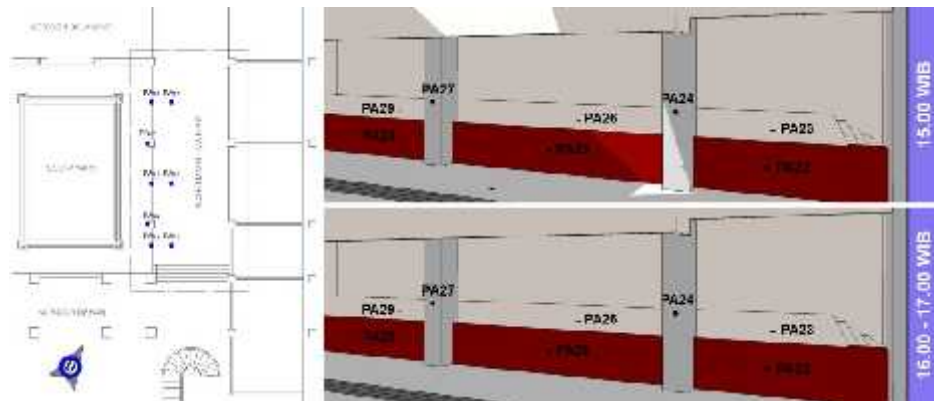


GAMBAR 5.29.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 07.00 - 14.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015



GAMBAR 5.30.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 12.00 - 13.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

Pada jam 15.00 kombinasi bidang terbayangi dan bidang tersinari terbentuk pada dinding pembatas lantai namun tidak mengenai titik ukur yang ada di dinding tersebut. Bidang bayangan terbentuk dari pembayangan dinding balkon lantai II, struktur bangunan bagian belakang dan pohon yang ada di bagian tengah *courtyard*.



GAMBAR 5.31.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 15.00 - 17.00 WIB
 Sumber: *Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015*

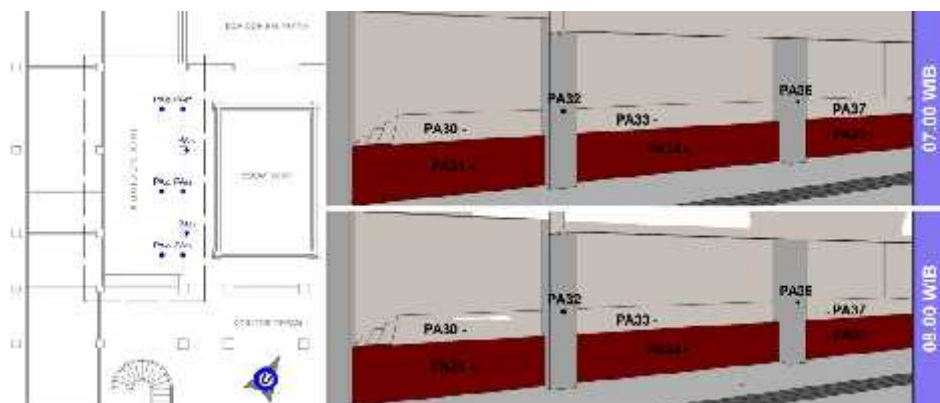


GAMBAR 5.32.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. I 4 Juni 2015
Jam 14.00 - 15.00 WIB
 Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2015*

Pada jam 16.00 hingga jam 17.00 bayangan memenuhi koridor bagian kanan lantai I sehingga seluruh titik terbayangi. Sesuai dengan analisis sudut bayangan dan posisi matahari, di jam 16.00 jam 17.00 bayangan dibentuk oleh struktur bangunan bagian kiri dan belakang. Gambar 5.31 merupakan simulasi pembayangan dari jam 15.00 hingga jam 17.00 sedangkan kondisi riil pembayangan ditunjukkan pada gambar 5.32.

d. Koridor Bagian Kiri

Seperti halnya koridor bagian kanan, di koridor lantai I bagian kiri ini terdapat 8 titik ukur yakni PA30, PA33 dan PA36 yang merupakan permukaan lantai granit, titik PA31, PA34 dan PA37 berada pada permukaan dinding tepian lantai serta titik PA32 dan PA35 pada permukaan kolom beton. Pada jam 07.00 bayangan masih menutupi seluruh bidang permukaan di bagian ini. Pada jam 08.00 sinar matahari telah masuk ke dalam area *courtyard* namun bayangan masih menutupi bidang-bidang permukaan koridor sehingga titik-titik yang ada di daerah tersebut terbayangi karena sudut bayangan jatuh di bagian balkon koridor lantai II. Simulasi pembayangan pada jam 07.00 dan jam 08.00 dapat dilihat pada gambar 5.33 dan foto kondisi riilnya pada gambar 5.34.



GAMBAR 5.33.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015
Jam 07.00 - 08.00 WIB
Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

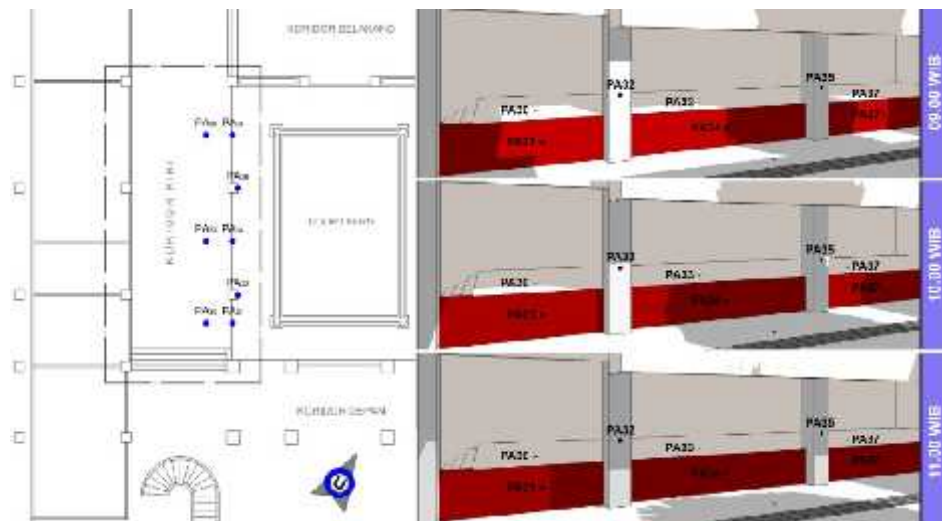


GAMBAR 5.34.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015
Jam 07.00 - 08.00 WIB
 Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2015*

Selanjutnya di jam 09.00 kombinasi bidang yang terbayangi dan tersinari terbentuk pada bidang lantai, dinding tepian lantai dan kolom beton yang ada pada bagian ini. Bidang bayangan merupakan bentukan dari pembayangan struktur dinding balkon di lantai II serta pohon yang ada di area tengah *courtyard*, sehingga pada jam ini titik-titik yang tersinari yakni titik PA30, PA31, PA32, PA36 dan PA37, sedangkan titik PA33, PA34 dan PA35 terbayangi oleh pohon.

Pada jam 10.00 kombinasi bidang terbayangi dan tersinari masih terbentuk namun titik-titik yang tadi tersinari di jam 09.00 menjadi terbayangi sehingga titik-titik yang ditutupi oleh bayangan adalah titik PA33 PA36 dan 37 ditutupi oleh bayangan balkon dinding lantai II serta PA34 dan PA35 ditutupi oleh bayangan pohon, sedangkan titik PA30, PA31 dan PA32 masih berada pada bidang yang tersinari. Di jam 11.00 seluruh titik yang ada di permukaan lantai keramik dan kolom telah terbayangi sedangkan

di permukaan dinding tepi lantai hanya titik PA31 yang masih tersinari. Gambar 5.35 merupakan simulasi pembayangan dari jam 09.00 hingga jam 11.00 sedangkan kondisi riil pembayangan ditunjukkan pada gambar 5.36.



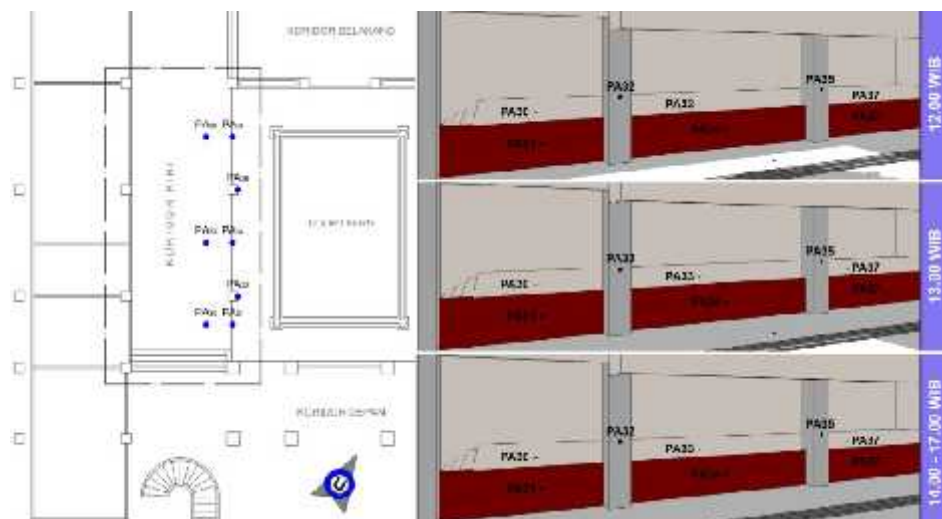
GAMBAR 5.35.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015
Jam 09.00 - 11.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015



GAMBAR 5.36.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015
Jam 09.00 - 11.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

Pada saat jam 12.00 dan jam 13.00 seluruh bidang permukaan pada koridor bagian kanan tertutupi oleh bayangan yang terbentuk dari pembayangan struktur dinding balkon lantai II.

Sudut bayangan terus bergeser sehingga pada jam 14.00 sampai jam 17.00 perlahan-lahan bidang bayangan terbentuk bukan hanya dari struktur dinding balkon lantai II namun dengan bayangan dari struktur bangunan koridor bagian belakang. Pembayangan pada pada jam 12.00 hingga jam 17.00 dapat dilihat pada simulasi gambar 5.37 dan foto kondisi sebenarnya pada gambar 5.38.



GAMBAR 5.37.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015
Jam 12.00 - 17.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

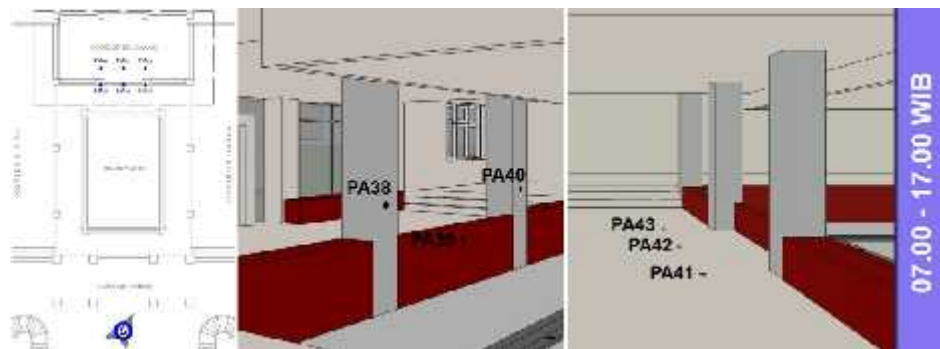


GAMBAR 5.38.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. I 4 Juni 2015
Jam 12.00, 13.00 dan 16.00 WIB
 Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

e. Koridor Bagian Belakang

Di koridor bagian belakang ini terdapat 6 titik ukur yakni 3 di bagian luar dan 3 di bagian dalam. Titik-titik di bagian luar adalah PA38, PA40 berada di permukaan kolom beton sedangkan PA39 berada di permukaan dinding pembatas. Pada bagian dalam titik PA41, PA42 dan PA43 berada pada permukaan lantai granit.

Kombinasi bidang bayangan dan bidang yang tersinari tidak terjadi pada bagian ini sehingga titik-titik ukur sepanjang hari terus terbayangi. Bidang bayangan dibentuk oleh struktur bangunan koridor bagian belakang itu sendiri. Hal ini sesuai dengan simulasi pembayangan pada gambar 5.39.



GAMBAR 5.39.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Belakang Lt. I 4 Juni 2015
Jam 07.00 - 17.00 WIB

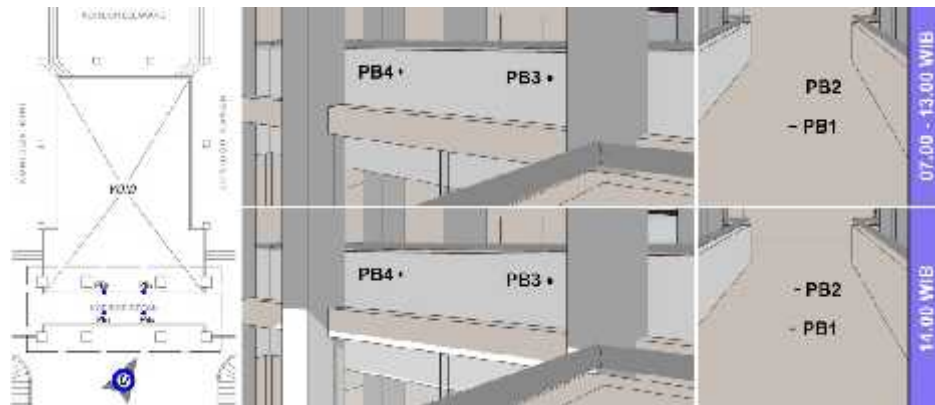
Sumber: *Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015*

5.2.2.2. Bidang pembayangan area lantai II

a. Koridor Bagian Depan

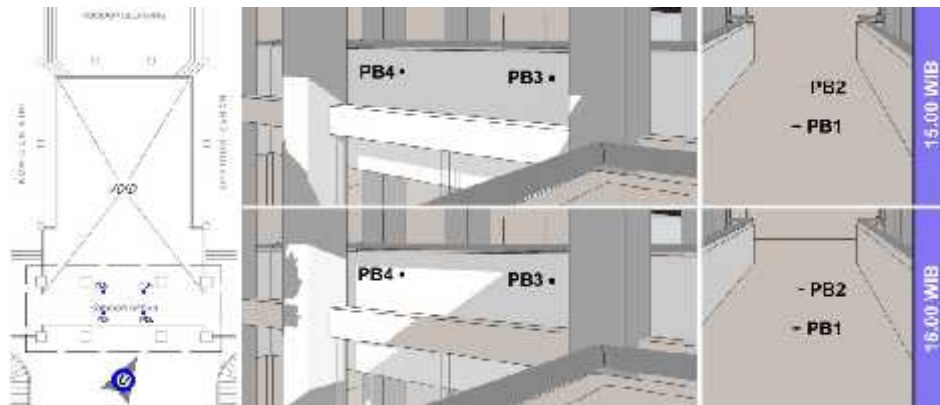
Jumlah titik di bagian ini sebanyak 4 titik, 2 titik berada di bagian dalam yakni PB1 dan PB2 pada permukaan lantai granit

sedangkan 2 lainnya yakni titik PB3 dan PB4 berada di dinding luar balkon dengan material permukaan berupa acian dengan *finishing* cat tembok berwarna putih.



GAMBAR 5.40.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015
Jam 07.00 - 14.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

Pada simulasi yang ada di gambar 5.40 menunjukkan bahwa pada jam 07.00 hingga jam 12.00 semua titik masih tertutupi oleh bayangan. Untuk koridor bagian dalam dari jam 07.00 hingga matahari terbenam tidak pernah terjadi kombinasi bidang terbayangi dan bidang yang tersinari hal ini disebabkan oleh karena bentuk struktur bangunan yang tidak memberikan celah untuk masuknya sinar matahari di area dalam balkon dan orientasi bangunan terhadap matahari.



GAMBAR 5.41.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015
Jam 15.00 - 16.00 WIB
 Sumber: *Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015*



GAMBAR 5.42.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015
Jam 14.00 - 15.00 WIB
 Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2015*

Pada dinding balkon bagian luar kombinasi bidang bayangan dan bidang tersinari terjadi mulai jam 14.00 hingga sebelum jam 17.00. Pada jam 16.00 sinar matahari mengenai salah satu titik pada dinding luar balkon yakni titik PB4. Pada jam 17.00 seluruh permukaan kembali terbayangi karena posisi matahari semakin condong ke barat dimana sudut bayangan semakin menciut semakin besar. Bayangan yang terbentuk merupakan bayangan dari struktur bangunan bagian kiri. Simulasi

pembayangan dapat dilihat pada gambar 5.41 dan 5.43 sedangkan foto kondisi riil sebagai perbandingan dapat dilihat pada gambar 5.42 dan 5.44.



GAMBAR 5.43.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015
Jam 17.00 WIB
 Sumber: *Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015*

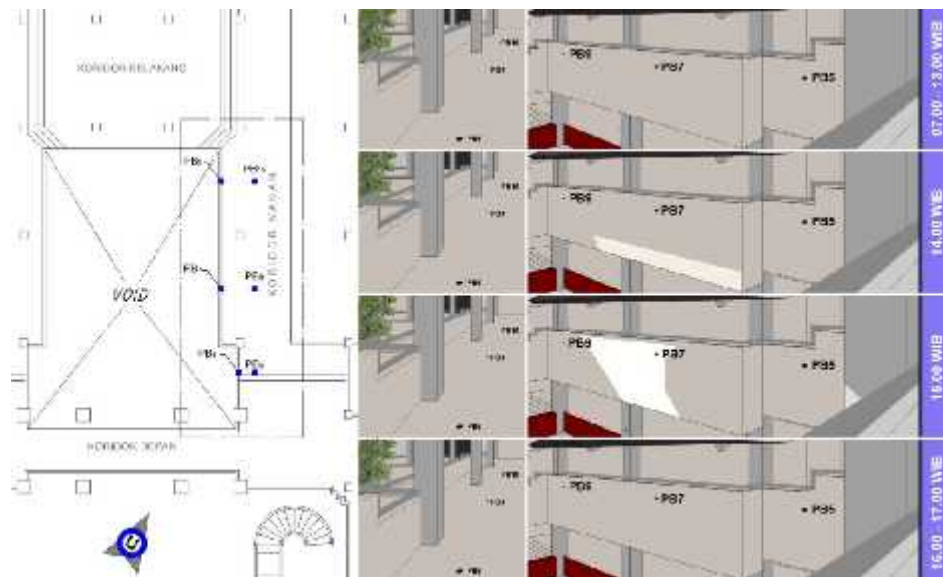


GAMBAR 5.44.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Depan Lt. II 5 Juni 2015
Jam 16.00 – 17.00 WIB
 Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2015*

b. Koridor Bagian Kanan

Pada area ini jumlah titik ukur sebanyak 6 titik, 3 titik di bagian dalam yakni titik PB6, PB8 dan PB10 berada pada permukaan lantai granit serta 3 titik lainnya yakni PB5, PB7 dan PB9 pada permukaan dinding balkon bagian luar. Untuk bagian dalam koridor baik lantai granit maupun dinding balkon dari 07.00 hingga jam 17.00 tidak terjadi kombinasi bidang terbayangi dan

bidang yang tersinari, sedangkan pada dinding luar dari jam 07.00 hingga jam 13.00. Pada jam 14.00 pola bidang tersinari dan terbayangi terbentuk pada dinding luar balkon namun hanya sebagian kecil tidak sampai pada titik ukur yang ada di bidang dinding tersebut.



GAMBAR 5.45.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. II 5 Juni 2015
Jam 07.00 - 17.00 WIB
 Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

Di jam 15.00 bidang-bidang bayangan dan bidang yang tersinari pada dinding balkon bagian luar secara variatif membayangi dan menyinari titik-titik yang ada. Titik yang berada pada bidang tersinari adalah titik PB7 sedangkan titik PB5 terbayangi oleh struktur bangunan bagian kanan dan titik PB9 terbayangi oleh struktur profil beton atap bangunan bagian belakang. Selanjutnya pada jam 16.00 dan 17.00 bayangan telah memenuhi seluruh bagian dinding balkon. Simulasi pembayangan

pada koridor bagian kanan lantai II dapat dilihat di gambar 5.45 serta foto kondisi riil pembayangan pada jam 15.00 dan 17.00 di gambar 5.46.

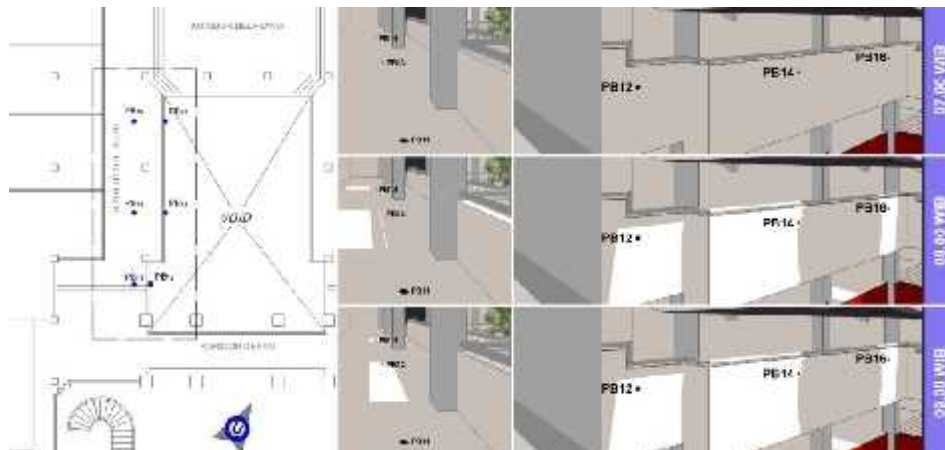


GAMBAR 5.46.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kanan Lt. II 5 Juni 2015
Jam 15.00 – 17.00 WIB
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2015

c. Koridor Bagian Kiri

Sama halnya dengan koridor bagian kanan, jumlah titik ukur pada area ini ada 6 titik, dimana pada bagian dalam titik PB11, PB13 dan PB15 berada di permukaan lantai granit serta pada permukaan dinding balkon bagian luar yakni titik PB12, PB14 dan PB16.

Pada jam 07.00 seluruh titik masih terbayangi oleh struktur bangunan karena posisi matahari dan sudut bayangan vertikal masih mengenai bangunan bagian kanan sehingga sinar matahari belum masuk kedalam area *courtyard*.



GAMBAR 5.47.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015
Jam 07.00 - 09.00 WIB
 Sumber: *Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015*

Selanjutnya di jam 08.00 sinar matahari yang sudah memasuki area *courtyard* menyebabkan terbentuknya kombinasi bidang yang terbayangi dan bidang yang terkena sinar matahari pada lantai granit dan dinding luar balkon. Sinar matahari yang menerpa lantai balkon belum mencapai titik-titik ukur sedangkan pada dinding luar balkon titik yang terkena sinar matahari adalah titik PB12 dan PB14 sedangkan titik PB16 terbayangi oleh pohon.



GAMBAR 5.48.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015
Jam 08.00 WIB
 Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2015*

Kemudian di jam 09.00 bidang terbayangi dan bidang tersinari yang terjadi pada lantai granit menyebabkan titik PB13 dan PB15 terkena sinar matahari sedangkan titik PB11 terbayangi oleh bayangan dinding balkon. Sementara di bagian luar titik PB12 dan PB14 berada pada bidang yang tersinari sedangkan titik PB16 terbayangi oleh pohon.

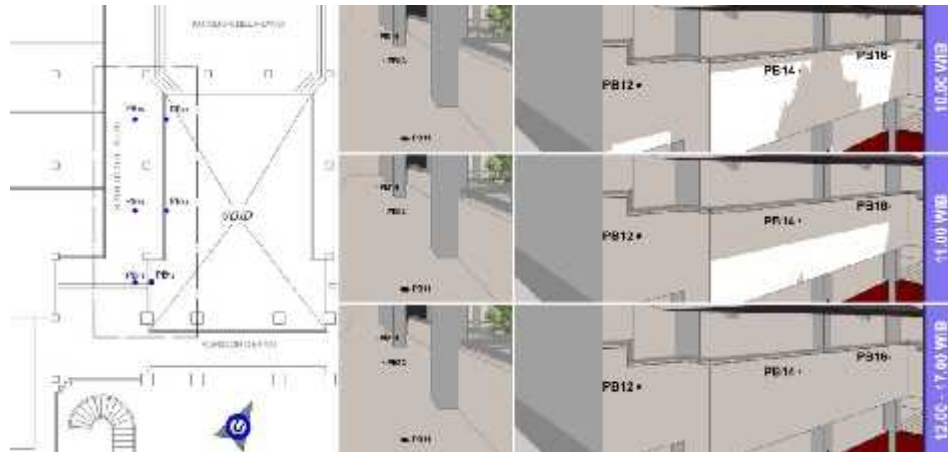


GAMBAR 5.49.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015
Jam 09.00 WIB

Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2015*

Pada jam 10.00 dengan pergeseran sudut bayangan maka bidang bayangan menutupi semua titik yang ada pada permukaan lantai granit, sedangkan pada dinding balkon kombinasi bidang bayangan dan bidang yang tersinari masih terjadi dimana titik PB14 dan PB16 berada pada bidang yang tersinari sedangkan titik PB12 berada pada bidang terbayangi *overstek* atap balkon bagian kiri karena bidang dinding yang terdapat titik PB12 tersebut menjorok ke dalam sepanjang 0.95 M dari dinding balkon dimana terdapat titik PB14 dan PB16. Simulasi pembayangan dari jam 07.00 hingga jam 09.00 dapat dilihat pada gambar 5.47 sedangkan

kondisi riil di lapangan dapat dilihat pada gambar 5.48 dan gambar 5.49. Untuk gambar 5.48 pada saat gambar di jam tersebut diambil langit dalam kondisi berawan.



GAMBAR 5.50.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015
Jam 10.00 - 17.00 WIB
 Sumber: *Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015*



GAMBAR 5.51.
Kondisi Riil Bayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015
Jam 09.00 - 10.00 WIB
 Sumber: *Dokumentasi Penulis, 2015*

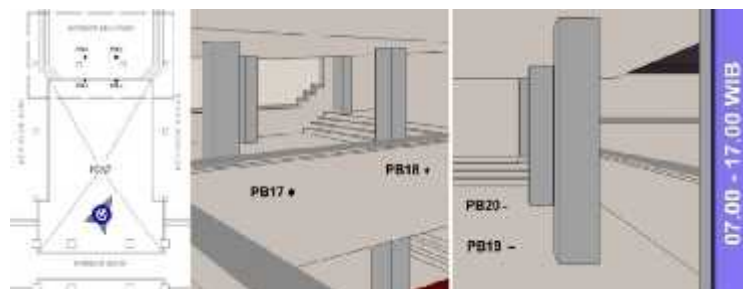
Pada jam 11.00 bayangan menutupi sebagian permukaan dinding balkon akibatnya titik PB14 dan PB14 berada pada bidang bayangan tersebut. Selanjutnya pada jam 12.00 dinding balkon bagian luar terbayangi sepenuhnya oleh bayangan yang dibentuk

dari struktur atap bangunan bagian kiri. Hal ini terus berlanjut hingga terbenam matahari seiring dengan semakin panjang bayangan bangunan bagian kiri tersebut dikarenakan semakin besar sudut bayangan yang terbentuk akibat pergeseran posisi matahari. Simulasi pembayangan dari jam 10.00 hingga jam 17.00 dapat dilihat pada gambar 5.50, sedangkan gambar 5.51 merupakan kondisi riil dilapangan pada jam 10.00 dan jam 11.00.

d. Koridor Bagian Belakang

Pada area ini terdapat 4 titik ukur yakni titik PB17 dan PB18 berada pada permukaan dinding balkon bagian luar serta titik PB19 dan PB20 merupakan titik yang berada pada permukaan lantai granit.

Kombinasi bidang bayangan dan bidang tersinari tidak terjadi di area ini sehingga titik-titik ukur sepanjang hari terus terbayangi. Bidang bayangan dibentuk oleh struktur bangunan koridor bagian belakang itu sendiri, hal ini dapat dilihat pada gambar 5.52.



GAMBAR 5.52.
Simulasi Pembayangan di Koridor Bagian Kiri Lt. II 5 Juni 2015
Jam 07.00 - 17.00 WIB

Sumber: Olahan Penulis Menggunakan Google Sketchup 8, 2015

5.2.3. Rekapitulasi Hasil Analisis Bidang Pembayaran

Dari analisis diatas didapatkan rekapitulasi analisis bidang pembayaran pada setiap lantai serta durasi pembayaran dan penyinaran terhadap titik-titik pada masing-masing lantai seperti pada tabel 5.5. berikut:

Tabel 5.5.
Rekapitulasi Analisis Bidang Pembayaran

Jam (WIB)	Kondisi Titik Ukur				
	Tengah <i>Courtyard</i>	Koridor Depan	Koridor Kanan	Koridor Kiri	Koridor Belakang
07.00	Lantai I				
	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi oleh struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
08.00	Lantai I				
	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Titik PB12, PB15 tersinari, titik PB16 terbayangi pohon, lainnya terbayangi bangunan	Seluruh titik terbayangi oleh struktur bangunan belakang

(sambungan)

09.00	Lantai I				
	Titik PA7, PA17 tersinari, titik PA12 terbayangi pohon, lainnya terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi oleh struktur bangunan kanan	Titik PA30, PA31, PA32, PA36 & PA37 tersinari, titik PA33, PA34, & PA35 terbayangi pohon	Seluruh titik terbayangi oleh struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Titik PB12, PB13, PB14, PB15 tersinari, titik PB16 terbayangi pohon lainnya terbayangi bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
10.00	Lantai I				
	titik PA7, PA8 tersinari, titik PA12 PA13 terbayangi pohon, lainnya terbayangi bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Titik PA30, PA31, PA32, PA36, PA37 tersinari, titik PA33, PA34, PA35 terbayangi pohon, titik lainnya terbayangi bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Titik PB14, PB16 tersinari, titik PB12 terbayangi pohon, titik lainnya terbayangi bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
11.00	Lantai I				
	Titik PA7, PA8, PA9 tersinari, titik PA12, PA13 PA14 terbayangi pohon, lainnya terbayangi bangunan	Titik PA4, PA5 tersinari, titik lainnya terbayangi struktur bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Titik PA31 tersinari, titik lainnya terbayangi bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang

(sambungan)

	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
12.00	Lantai I				
	Titik PA7,PA8, PA9,PA10, PA12,PA13, PA15 tersinari, titik PA14 terbayangi pohon, lainnya terbayangi bangunan	Titik PA2,PA4, PA5 tersinari, titik lainnya terbayangi struktur bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan bagian kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
13.00	Lantai I				
	Titik PA10,PA11, PA13, PA16 tersinari, titik PA8, PA9, PA14, PA15 terbayangi pohon lainnya terbayangi bangunan	Titik PA2,PA4, PA5,PA6 tersinari, titik lainnya terbayangi struktur bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang

(sambungan)

14.00	Lantai I				
	Titik PA9 tersinari, titik PA10, PA11 terbayangi pohon, lainnya terbayangi bangunan	Titik PA2, PA5, PA6 tersinari, titik lainnya terbayangi struktur bangunan depan & kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan bagian kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
15.00	Lantai I				
	Titik PA10, PA11 terbayangi pohon, titik lainnya terbayangi struktur bangunan	PA5, PA6 terbayangi pohon, titik lainnya terbayangi struktur bangunan	Seluruh titik terbayangi oleh struktur balkon lt. II, bangunan belakang & pohon	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Seluruh titik terbayangi struktur bangunan depan	Titik PB7 tersinari, titik lainnya terbayangi struktur bangunan kanan & belakang	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
16.00	Lantai I				
	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri & belakang	Titik PA5, PA6 terbayangi pohon, titik lainnya terbayangi struktur bangunan	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang & kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri & belakang	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang
	Lantai II				
		Titik PB4 tersinari, titik lainnya terbayangi struktur bangunan depan & kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kanan & belakang	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan kiri	Seluruh titik terbayangi struktur bangunan belakang

(sambungan)

17.00	Lantai I
	Seluruh titik terbayangi oleh struktur bangunan bagian kiri dan belakang
	Lantai II
	Seluruh titik terbayangi oleh struktur bangunan bagian kiri dan belakang

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2015

Tabel 5.6.
Durasi Pembayangan Pada Lantai I

Area	Titik Ukur	Lantai I			
		Tersinari		Terbayangi	
		Pagi	Siang	Pagi	Siang
Koridor Bagian Depan	PA1	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA2	-	3 Jam	4 Jam	2 Jam
	PA3	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA4	1 Jam	2 Jam	4 Jam	3 Jam
	PA5	1 Jam	3 Jam	4 Jam	2 Jam
	PA6	-	-	5 Jam	5 Jam
Koridor Bagian Kanan	PA22	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA23	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA24	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA25	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA26	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA27	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA28	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA29	-	-	5 Jam	5 Jam
Koridor Bagian Kiri	PA30	2 Jam	-	3 Jam	5 Jam
	PA31	3 Jam	-	2 Jam	5 Jam
	PA32	2 Jam	-	3 Jam	5 Jam
	PA33	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA34	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA35	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA36	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
	PA37	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
Koridor Bagian Belakang	PA38	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA39	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA40	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA41	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA42	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA43	-	-	5 Jam	5 Jam

(sambungan)

Bagian Tengah <i>Courtyard</i>	PA7	4 Jam	1 Jam	1 Jam	4 Jam
	PA8	3 Jam	-	2 Jam	5 Jam
	PA9	2 Jam	1 Jam	3 Jam	4 Jam
	PA10	1 Jam	1 Jam	4 Jam	4 Jam
	PA11	-	1 Jam	5 Jam	4 Jam
	PA12	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
	PA13	1 Jam	1 Jam	4 Jam	4 Jam
	PA14	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA15	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
	PA16	-	1 Jam	5 Jam	4 Jam
	PA17	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
	PA18	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA19	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA20	-	-	5 Jam	5 Jam
	PA21	-	-	5 Jam	5 Jam

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2015

Tabel 5.7.
Durasi Pembayangan Pada Lantai II

Area	Titik Ukur	Lantai I			
		Tersinari		Terbayangi	
		Pagi	Siang	Pagi	Siang
Koridor Bagian Depan	PB1	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB2	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB3	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB4	-	1 Jam	5 Jam	4 Jam
Koridor Bagian Kanan	PB5	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB6	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB7	-	1 Jam	5 Jam	4 Jam
	PB8	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB9	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB10	-	-	2 Jam	5 Jam
Koridor Bagian Kiri	PB11	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB12	2 Jam	-	3 Jam	5 Jam
	PB13	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
	PB14	3 Jam	-	2 Jam	5 Jam
	PB15	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
	PB16	1 Jam	-	4 Jam	5 Jam
Koridor Bagian Belakang	PB17	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB18	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB19	-	-	5 Jam	5 Jam
	PB20	-	-	5 Jam	5 Jam
		-	-	5 Jam	5 Jam

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2015

5.3. Analisis Pembentukan Iklim Pada Area Courtyard

5.3.1. Intensitas Radiasi Matahari

Diagram 5.1. merupakan olahan hasil pengukuran terhadap intensitas radiasi matahari. Peningkatan intensitas radiasi sesuai dengan peredaran matahari, pada jam 07.00 intensitas radiasi 115 W/m^2 dan terus meningkat hingga mencapai puncaknya pada jam 12.00 menjadi 617 W/m^2 . Pada jam 13.00 intensitas perlahan turun menjadi 555 W/m^2 dan seterusnya hingga jam 17.00 menjadi 165 W/m^2 .

Hasil pengamatan kondisi cuaca pada tanggal 4 Juni dan tanggal 5 Juni adalah cerah, tidak ada perbedaan yang signifikan pada kedua hari tersebut sehingga data intensitas radiasi matahari sebagai patokan untuk membandingkan kondisi temperatur digunakan data hasil pengukuran tanggal 4 Juni.

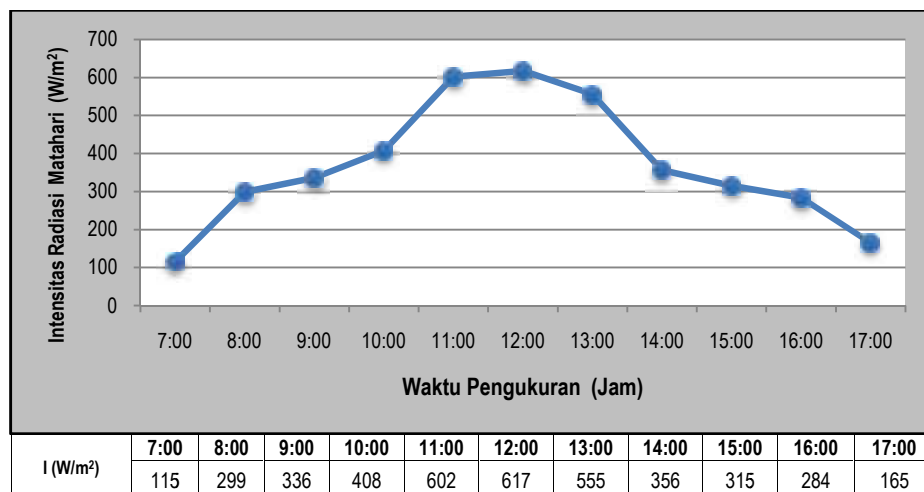


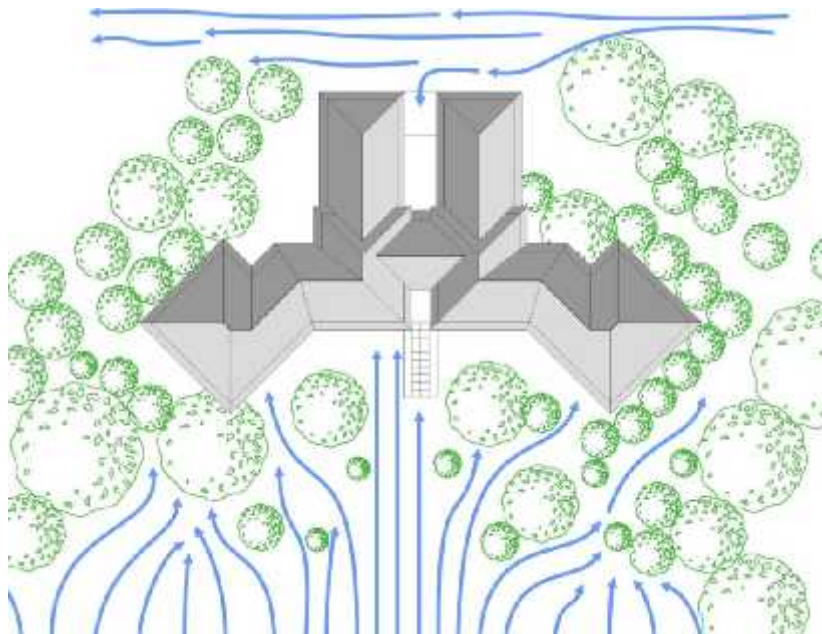
DIAGRAM 5.1.

Grafik Intensitas Radiasi Matahari Tanggal 4 Juni 2015

Sumber: Olahan Penulis dari Hasil Pengukuran, 2015

5.3.2. Pergerakan Udara

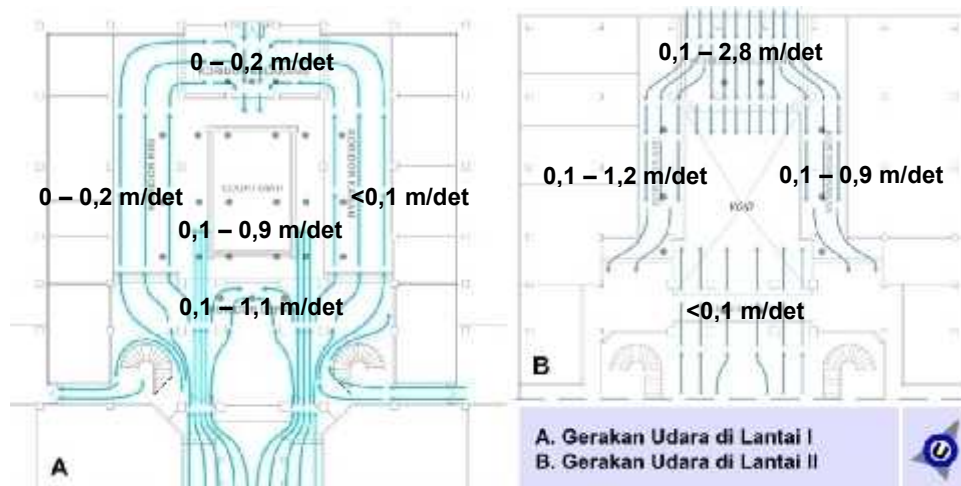
Udara yang bergerak di dalam bangunan dipengaruhi oleh bentuk bangunan sebagai wadah, bukaan ventilasi serta potensi angin yang ada di luar bangunan. Berdasarkan hasil pengamatan fenomena gerakan angin pada gedung Widya Puraya yang dilakukan pada tanggal 4 dan 5 Juni 2015, potensi angin yang masuk ke dalam bangunan secara umum berasal dari dua arah yakni arah entrans untuk area lantai I dan untuk lantai II potensi angin berasal dari bagian belakang bangunan. Prediksi gerakan angin di luar bangunan dapat dilihat pada gambar 5.53.



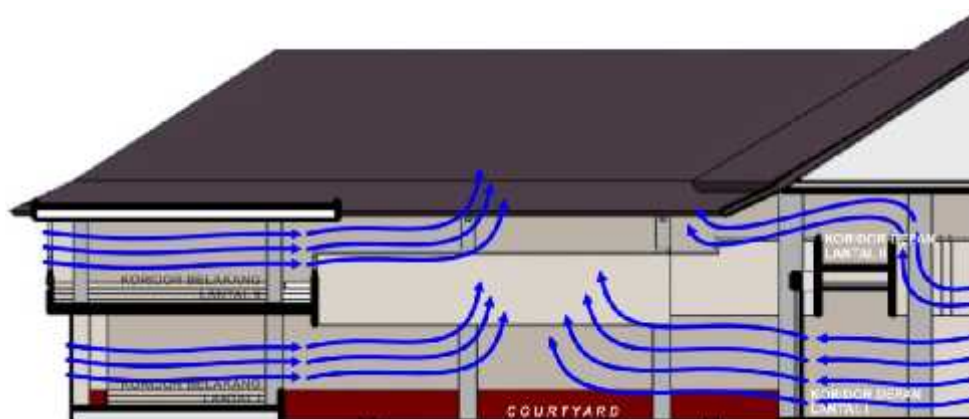
GAMBAR 5.53.
Prediksi Pola Gerakan Angin di Luar Bangunan Widya Puraya
Tanggal 4 dan 5 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengamatan Lapangan, 2015

Di lantai I, penyempitan bentuk entrans memberikan efek tekanan udara menurun sehingga kecepatan aliran udara yang

masuk melalui pintu depan mengalami peningkatan. Pada area koridor depan, kecepatan udara di posisi titik-titik ukur sepanjang waktu pengukuran berkisar antara 0,1 – 1,1 m/det. Di koridor bagian kanan kecepatan udara adalah $< 0,1$ m/det, di koridor bagian kiri dan belakang antara 0 – 0,2 m/det. Sedangkan pada area tengah *courtyard* kecepatan udara berkisar antara 0,1 – 0,9 m/det.



GAMBAR 5.54.
Prediksi Pola Gerakan Udara Di Sekitar Area *Courtyard* Tanggal 4 dan 5 Juni 2015
 Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengamatan Lapangan, 2015



GAMBAR 5.55.
Prediksi Pola Gerakan Udara Di Area Bukaaan Pada *Courtyard* 4 dan 5 Juni 2015
 Sumber: Olahan Penulis Hasil Pengamatan Lapangan, 2015

Pada area lantai II angin berasal dari bagian belakang bangunan di mana pada bagian tersebut terdapat bukaan yang cukup besar pada area balkon. Kecepatan udara di koridor bagian belakang berkisar antara 0,1 – 2,8 m/det, sedangkan kecepatan udara di koridor bagian depan adalah $< 0,1$ m/det, di koridor bagian kanan berkisar antara 0,1 – 0,9 m/det dan di bagian kiri kecepatan udara berkisar antara 0,1 – 1,2 m/det.

Gerakan udara pada lantai I dan lantai II setelah menyebar di bagian-bagian koridor kemudian bergerak ke luar arah *courtyard* sehingga bukaan *courtyard* berfungsi sebagai jalan keluar udara dari area sekitarnya, hal ini dapat di lihat pada gambar 5.55.

5.3.3. Suhu Permukaan

Pengukuran suhu permukaan dilakukan pada bidang-bidang permukaan selubung dalam bangunan yang berhubungan langsung dengan area *courtyard*. Pada bidang-bidang permukaan tersebut terbentuk pola kombinasi bidang tersinari matahari dan terbayangi. Berdasarkan hasil pengukuran telah diolah dan ditabulasikan dapat dianalisis dan dideskripsikan secara terperinci sebagai berikut:

5.3.2.1. Suhu Permukaan Pada Area Tengah *Courtyard*

a. Permukaan Batu Kerikil

Tabel 5.8.
Suhu Permukaan Rata-rata Kerikil 4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rata-rata Kerikil (°C)	
	Kanan	Kiri
07.00	31,3	31,7
08.00	31,1	31,6
09.00	31,3	33,2
10.00	31,5	33,9
11.00	31,5	34,3
12.00	31,7	33,9
13.00	32,6	32,5
14.00	30,9	30,4
15.00	30,5	30,3
16.00	30,1	30,7
17.00	30,3	30,9

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

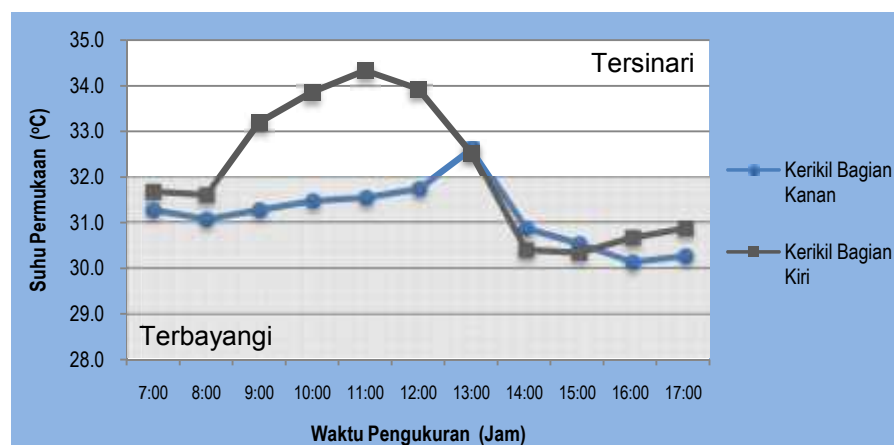
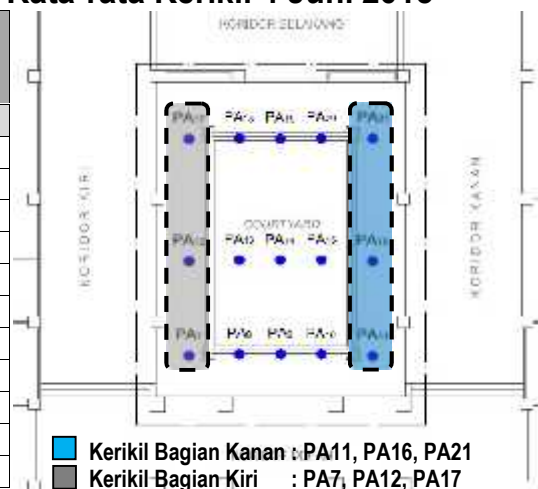


DIAGRAM 5.2.
Perbandingan Suhu Permukaan Kerikil di Area Tengah *Courtyard* 4 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Nilai rata-rata suhu permukaan dari hasil pengukuran pada kerikil bagian kiri dan kanan dapat dilihat pada tabel 5.8. Perbandingan suhu permukaan batu kerikil berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada diagram 5.2. Pada jam 07.00 suhu permukaan baik di bagian kiri dan kanan hampir sama

meskipun permukaan kerikil bagian kiri lebih tinggi $0,4^{\circ}\text{C}$. Hingga jam 11.00 suhu permukaan kerikil bagian kanan naik secara perlahan namun tetap pada kisaran 31°C . Pada jam 13.00 naik menjadi 32°C karena tersinari oleh matahari. Pada jam 14.00 dan 15.00 permukaan kerikil bagian kanan terbayangi oleh pohon sehingga suhu permukaan turun menjadi $30,5^{\circ}\text{C}$ dan terus turun secara perlahan hingga jam 16.00 dengan penurunan rata-rata $0,4^{\circ}\text{C}$. Pada jam 17.00 naik kembali sebesar $0,2^{\circ}\text{C}$.

Suhu permukaan rata-rata kerikil bagian kiri mengalami peningkatan menjadi $33,2^{\circ}\text{C}$ di jam 09.00 dan terus meningkat hingga jam 11.00 menjadi $34,3^{\circ}\text{C}$ disebabkan karena terpaan sinar matahari langsung. Rata-rata peningkatan suhu permukaan hingga jam 11.00 adalah $0,9^{\circ}\text{C}$. Pada jam 12.00 permukaan kerikil telah terbayangi kembali oleh bangunan, suhu permukaan turun sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$ dan terus mengalami penurunan hingga jam 15.00 menjadi $30,3^{\circ}\text{C}$ dengan laju penurunan antara $0,1^{\circ}\text{C}$ – $2,1^{\circ}\text{C}$ dan pada jam 16.00 dan 17.00 naik perlahan-lahan sebesar $0,3^{\circ}\text{C}$.

Dari diagram dan penjelasan sebelumnya secara umum dari jam 07.00 hingga jam 17.00 suhu permukaan kerikil bagian kiri selalu lebih tinggi dari bagian kanan kecuali pada jam 14.00 dan 15.00. Perbedaan tingkat suhu permukaan rata-rata berkisar antara $0,2^{\circ}\text{C}$ – $2,8^{\circ}\text{C}$ di tiap jamnya.

b. Permukaan Rumput

Tabel 5.9.
Suhu Permukaan Rumput 4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rumput (°C)	
	Kanan	Kiri
07.00	31,2	31,2
08.00	30,6	31,4
09.00	31,0	31,2
10.00	31,6	31,8
11.00	31,8	32,0
12.00	33,0	32,6
13.00	31,0	34,2
14.00	29,8	30,2
15.00	29,4	29,8
16.00	29,2	29,6
17.00	29,6	29,8

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

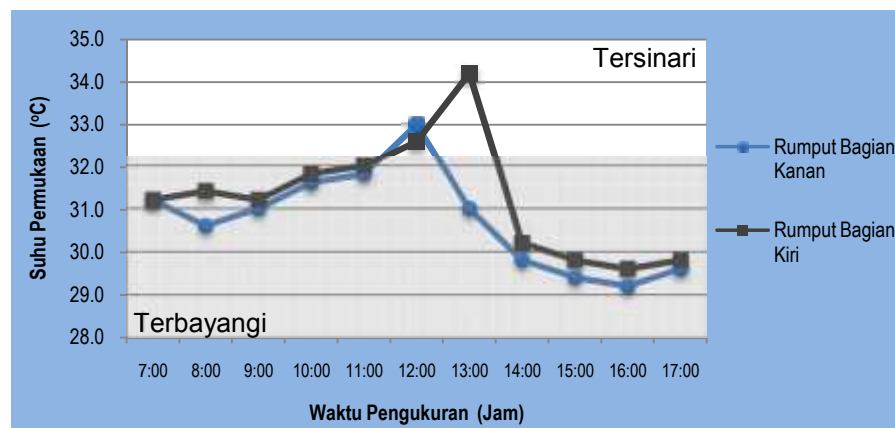


DIAGRAM 5.3.
Perbandingan Suhu Permukaan Rumput di Area Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Hasil pengukuran pada suhu permukaan bidang rumput bagian kiri dan kanan dapat dilihat pada tabel 5.9. Perbandingan perubahan suhu permukaan berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada diagram 5.3. Bidang permukaan rumput bagian kanan dan kiri dari jam 07.00 hingga jam 11.00 terbayangi. Rumput bagian kanan terbayangi oleh struktur

bangunan kanan dan rumput bagian kiri dibayangi oleh struktur bangunan kanan hingga jam 09.00 selanjutnya pada jam 10.00 hingga jam 11.00 dibayangi oleh pohon.

Suhu permukaan rumput bagian kanan dari jam 07.00 hingga jam 11.00 antara 30°C – 31°C , selanjutnya pada jam 12.00 meningkat menjadi 33°C akibat terpaan sinar matahari langsung. Pada jam 13.00 dan jam 14.00 permukaan bidang rumput bagian kanan terbayangi oleh pohon sehingga suhu permukaan turun menjadi $29,8^{\circ}\text{C}$. Penurunan suhu permukaan terus terjadi hingga jam 16.00 dengan rata-rata laju penurunan $0,2^{\circ}\text{C}$ tiap jam dan pada jam 17.00 naik perlahan menjadi $29,6^{\circ}\text{C}$.

Suhu permukaan rumput bagian kiri dari jam 07.00 hingga jam 12.00 berkisar antara 31°C – 32°C dan mencapai puncaknya pada jam 13.00 menjadi $34,2^{\circ}\text{C}$ akibat terpaan sinar matahari. Selanjutnya pada jam 14.00 hingga jam 16.00 suhu permukaan turun menjadi $29,6^{\circ}\text{C}$ dengan laju penurunan sangat kecil yakni antara $0,2^{\circ}\text{C}$ – $0,4^{\circ}\text{C}$ setiap jamnya. Pada jam 17.00 suhu permukaan rumput bagian kiri meningkat perlahan menjadi $29,8^{\circ}\text{C}$. Secara umum dari jam 07.00 hingga jam 17.00 suhu permukaan bidang rumput bagian kiri cenderung selalu lebih tinggi dari rumput bagian kanan. Perbedaan tingkat suhu permukaan berkisar antara $0,2^{\circ}\text{C}$ – $3,2^{\circ}\text{C}$ di tiap jamnya.

c. Permukaan Saluran Beton

Tabel 5.10.
Suhu Permukaan Saluran Beton 4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rata-rata Saluran Beton (°C)	
	Depan	Belakang
07.00	30,9	31,1
08.00	30,9	31,1
09.00	31,7	31,5
10.00	31,9	31,6
11.00	37,5	31,1
12.00	40,1	31,4
13.00	35,4	30,5
14.00	33,2	29,2
15.00	32,5	29,2
16.00	31,9	29,1
17.00	31,6	29,9

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

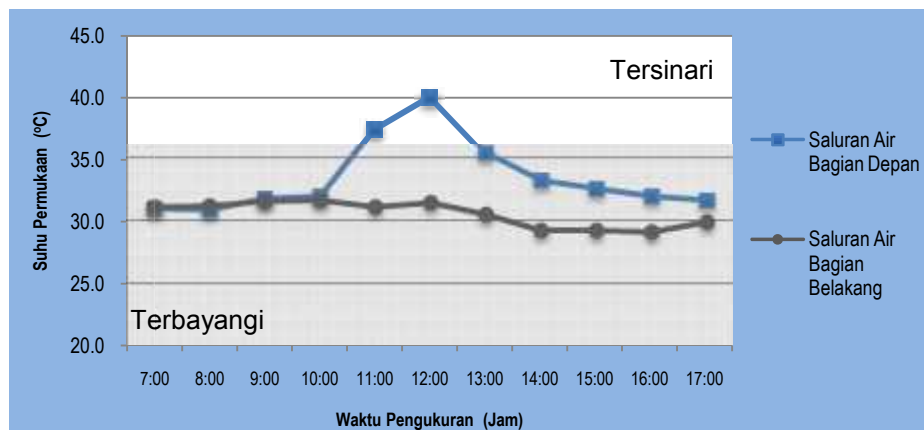
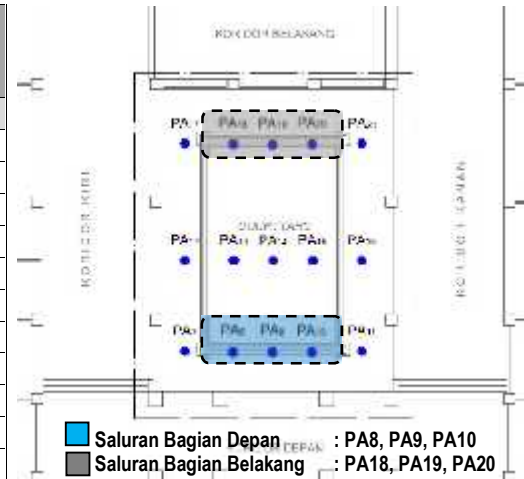


DIAGRAM 5.4.
Perbandingan Suhu Permukaan Saluran Beton di Area Tengah Courtyard 4 Juni 2015

Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Hasil pengukuran suhu permukaan yang telah di rata-ratakan dari saluran beton bagian depan dan belakang dapat dilihat pada tabel 5.10. Perubahan suhu permukaan di tiap jam yang merupakan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada diagram 5.4. Bagian yang menjadi perbandingan adalah

permukaan saluran bagian depan dan belakang dimana bagian depan mengalami keadaan terbayangi dan tersinari sedangkan bagian belakang berada pada kondisi terus terbayangi.

Permukaan saluran bagian depan pada jam 07.00 sampai jam 09.00 terbayangi oleh struktur bangunan bagian kanan. Kenaikan suhu permukaan pada jam-jam tersebut sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$. Di jam 10.00 suhu permukaan saluran beton bagian depan mulai tersinari menyebabkan kenaikan secara perlahan sebesar $0,2^{\circ}\text{C}$. Pada jam 11.00 suhu permukaan meningkat sebesar $5,5^{\circ}\text{C}$ dari $31,9^{\circ}\text{C}$ menjadi $37,7^{\circ}\text{C}$ dan di jam 12.00 meningkat lagi sebesar $2,6^{\circ}\text{C}$ menjadi $40,1^{\circ}\text{C}$. Pada jam 13.00 hingga 15.00 permukaan saluran beton bagian depan terbayangi oleh pohon menyebabkan suhu permukaan turun sebesar $4,7^{\circ}\text{C}$ di jam 13.00. Suhu permukaan terus turun sebesar $2,2^{\circ}\text{C}$ di jam 14.00, $0,7^{\circ}\text{C}$ di jam 15.00 dan $0,6^{\circ}\text{C}$ di jam 16.00. Pada jam 16.00 hingga jam 17.00 permukaan saluran beton tersebut terbayangi oleh struktur bangunan, penurunan suhu permukaan sebesar $0,3^{\circ}\text{C}$.

Saluran beton bagian belakang dari jam 07.00 hingga jam 17.00 senantiasa terbayangi oleh struktur bangunan. Suhu permukaan berkisar antara 29°C hingga 31°C dimana kenaikan dan penurunan antara $0,1^{\circ}\text{C}$ hingga $1,3^{\circ}\text{C}$ tiap jamnya. Secara umum suhu permukaan saluran beton bagian belakang cenderung selalu lebih rendah dari permukaan beton bagian depan.

d. Permukaan Air Kolam

Tabel 5.11.
Suhu Permukaan Air Kolam 4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Air Kolam (°C)
07.00	30,6
08.00	31,0
09.00	31,6
10.00	31,8
11.00	32,2
12.00	30,4
13.00	30,2
14.00	29,2
15.00	29,4
16.00	29,8
17.00	30,0

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

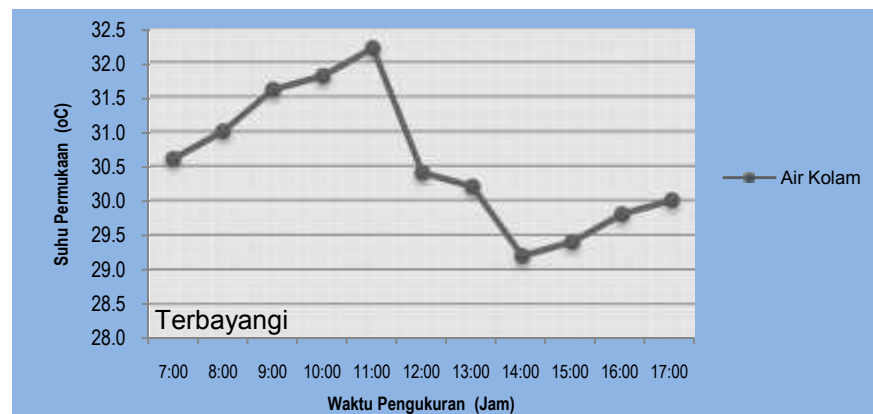


DIAGRAM 5.5.
Suhu Permukaan Air Kolam di Area Tengah Courtyard 4 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Hasil pengukuran pada suhu permukaan air kolam dapat dilihat pada tabel 5.11. Kondisi perubahan suhu permukaan air kolam hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada diagram 5.5. Bayangan struktur bangunan bagian kanan menutupi permukaan air kolam dari jam 07.00 hingga jam 10.00. Kenaikan suhu permukaan tiap jamnya sangat kecil yakni antara 0,2°C – 0,6°C.

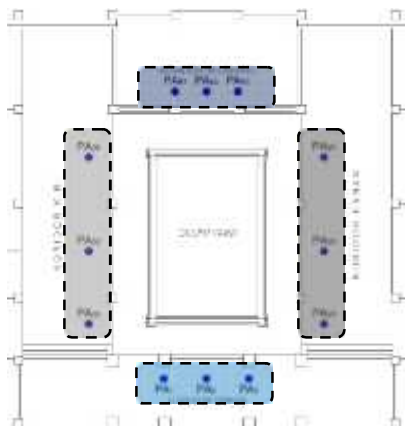
Pada jam 11.00 permukaan air kolam dibayangi oleh pohon, suhu permukaan meningkat kecil dari 31.8°C di jam 10.00 menjadi 32.2°C. Kemudian turun perlahan-lahan sebesar hingga jam 14.00. Di jam 15.00 kembali naik secara perlahan dengan kenaikan antara 0,2°C – 0,4°C hingga jam 17.00.

5.3.2.2. Suhu Permukaan Pada Area Koridor Lantai I

a. Permukaan Lantai Granit

Tabel 5.12.
Suhu Permukaan Granit Lantai I 4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rata-rata Lantai Granit (°C)			
	Depan	Kanan	Kiri	Belakang
07.00	32,9	32,3	32,4	31,7
08.00	32,2	31,7	32,7	31,5
09.00	31,5	31,4	33,6	32,2
10.00	32,3	32,1	33,0	32,3
11.00	33,0	32,4	32,6	31,7
12.00	33,9	31,3	32,5	31,3
13.00	35,1	30,5	31,6	30,3
14.00	32,6	30,2	30,3	29,4
15.00	32,1	30,1	30,1	29,7
16.00	31,9	30,3	30,5	30,0
17.00	31,5	30,5	30,9	31,0



Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

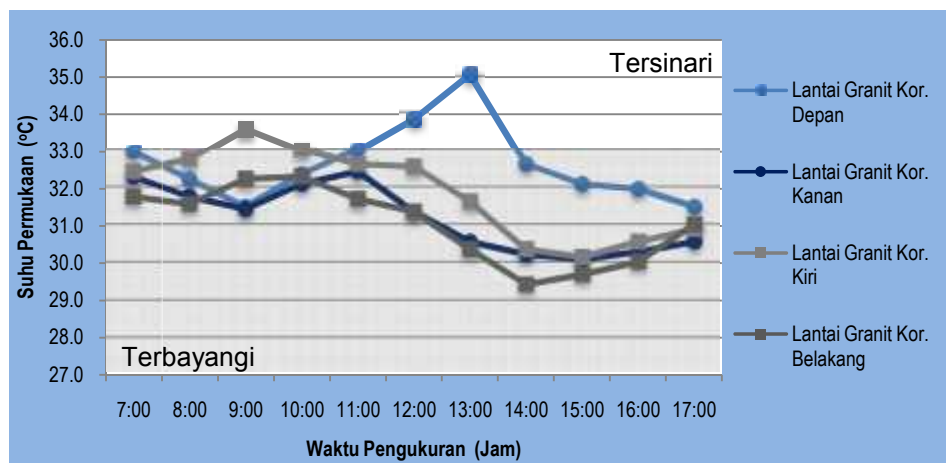


DIAGRAM 5.6.
Suhu Permukaan Lantai Granit Pada Area Koridor Lantai I 4 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Tabel 5.12 merupakan nilai rata-rata suhu permukaan lantai granit hasil pengukuran pada obyek penelitian di empat bagian koridor. Perbandingan suhu permukaan pada empat koridor tersebut dilihat pada diagram 5.6. Pada jam 07.00 suhu permukaan rata-rata di keempat area hampir sama yakni berkisar 32°C kecuali di koridor bagian belakang sedikit lebih rendah dari koridor yang lain yakni 31°C . Suhu permukaan rata-rata lantai granit di koridor bagian depan pada jam 09.00 mengalami penurunan menjadi 31°C dan di jam 13.00 naik menjadi $35,1^{\circ}\text{C}$ karena pengaruh bidang tersinari dan terbayangi pada permukaan. Pada jam 14.00 hingga jam 17.00 suhu permukaan lantai granit bagian depan turun secara perlahan dengan laju penurunan rata-rata $0,5^{\circ}\text{C}$.

Suhu permukaan rata-rata lantai granit koridor bagian kanan mengalami penurunan menjadi 31°C di jam 09.00 kemudian di jam 10.00 hingga jam 11.00 naik menjadi 32°C selanjutnya pada jam 12.00 hingga jam 17.00 turun secara perlahan menjadi 30°C dengan laju penurunan rata-rata $0,2^{\circ}\text{C}$. Suhu permukaan rata-rata lantai granit di koridor bagian kiri mencapai 33°C di jam 09.00 hingga jam 10.00 kemudian turun perlahan-lahan menjadi $30,1^{\circ}\text{C}$ di jam 15.00 dengan tingkat penurunan antara $0,2^{\circ}\text{C}$ – $1,3^{\circ}\text{C}$ tiap jam. Pada jam 16.00 hingga

jam 17.00 suhu permukaan naik kembali secara perlahan sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$ dan $0,9^{\circ}\text{C}$.

Suhu permukaan rata-rata lantai granit di koridor bagian belakang cenderung lebih rendah dari tiga bagian koridor lainnya. Suhu tertinggi pada jam jam 09.00 hingga jam 10.00 yakni sebesar 32°C kemudian turun sangat perlahan hingga jam 14.00 menjadi $29,4^{\circ}\text{C}$ dengan laju penurunan antara $0,3^{\circ}\text{C}$ - 1°C . Pada jam 15.00 hingga jam 17.00 kembali mengalami kenaikan secara perlahan menjadi 31°C .

Dari diagram diatas juga dapat dilihat bahwa suhu permukaan rata-rata lantai granit koridor bagian kiri dari jam 07.00 hingga jam 10.00 lebih tinggi dari koridor bagian lainnya. Pada jam 11.00 akibat radiasi sinar matahari langsung suhu permukaan lantai granit koridor bagian depan cenderung lebih tinggi hingga jam 17.00. Hal tersebut disebabkan karena orientasi koridor bagian depan yang menghadap arah datangnya sinar matahari pada jam 11.00 serta bentuk fasad yang tidak memiliki kanopi sebagai penghalang sinar matahari.

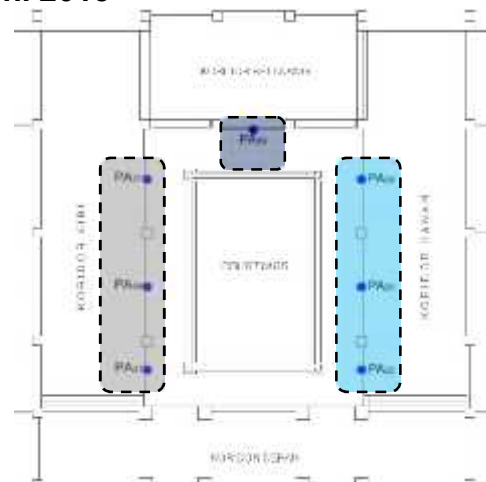
b. Permukaan Dinding Tepi dan Dinding Batas

Hasil pengukuran rata-rata suhu permukaan dinding tepi dan dinding batas lantai pada area koridor bagian kanan, kiri dan belakang dapat dilihat pada tabel 5.13 sedangkan perbandingan tingkat suhu permukaan dapat di lihat pada diagram 5.7. Material permukaan dinding berupa acian semen serta cat tembok berwarna merah. Suhu permukaan rata-rata dinding tepi bagian kanan pada jam 07.00 hingga jam 09.00 berkisar pada 31°C dan naik menjadi 32,1°C pada jam 10.00. Pada jam 11.00 hingga jam 16.00 suhu permukaan mengalami penurunan dari 31,9°C menjadi 30,1°C dengan penurunan rata-rata tiap jam adalah 0,3°C. Kemudian pada jam 17.00 naik menjadi 31°C.

Tabel 5.13.
Suhu Permukaan Dinding Tepi dan Dinding Batas Lantai
4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rata-rata Dinding Tepi dan Dinding Batas Lantai (°C)		
	Kanan	Kiri	Belakang
07.00	31,1	32,3	31,8
08.00	31,6	32,3	30,8
09.00	31,7	33,9	31,2
10.00	32,1	32,9	32,2
11.00	31,9	35,3	32,6
12.00	31,5	33,1	32,6
13.00	31,2	31,9	31,2
14.00	30,4	31,1	30,4
15.00	30,4	30,7	30,6
16.00	30,1	30,7	30,2
17.00	31,0	30,4	31,2

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015



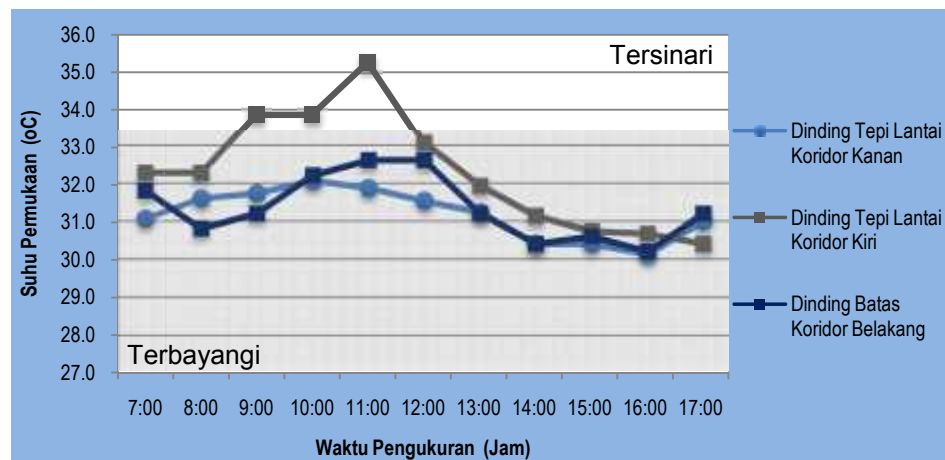


DIAGRAM 5.7.
Perbandingan Suhu Permukaan Dinding Tepi Lantai Pada Area Koridor Lantai I
4 Juni 2015

Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Suhu permukaan rata-rata bidang dinding tepi bagian kiri mengalami peningkatan dari jam 07.00 hingga mencapai puncaknya pada jam 11.00 yakni 35,3°C. Pada jam 12.00 permukaan dinding terbayangi oleh struktur bangunan mengakibatkan suhu permukaan mengalami penurunan mulai 33,1°C menjadi 30,4°C pada jam 17.00 dengan tingkat penurunan suhu antara 0,3°C – 1,1°C.

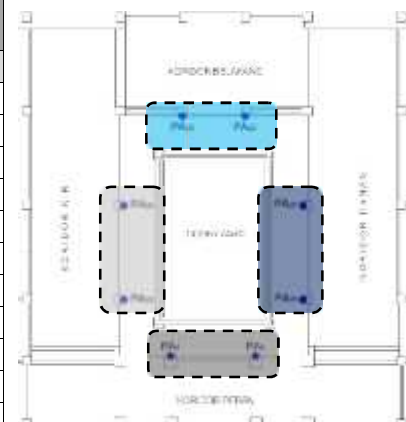
Bidang dinding bagian belakang yang senantiasa terbayangi struktur bangunan mengalami perubahan suhu permukaan antara 30°C – 32°C. Kenaikan yang signifikan terjadi pada jam 12.00 dimana suhu permukaan mencapai 32,6°C. Secara keseluruhan dari grafik diatas terlihat bahwa suhu permukaan bidang dinding tepi koridor bagian kiri cenderung lebih tinggi dibandingkan bidang dinding lainnya dan bidang dinding tepi

bagian koridor belakang cenderung lebih rendah dari dinding tepi koridor bagian kanan.

c. Permukaan Kolom Beton

Tabel 5.14.
Suhu Permukaan Kolom Beton 4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rata-rata Kolom Beton (°C)			
	Depan	Kanan	Kiri	Belakang
07.00	33,0	31,4	32,8	32,3
08.00	32,1	31,0	32,8	31,5
09.00	31,9	31,4	34,1	32,0
10.00	32,8	31,7	35,1	32,6
11.00	34,1	31,9	34,6	32,5
12.00	35,7	32,0	33,5	32,4
13.00	35,1	32,2	33,0	31,4
14.00	33,4	32,4	32,6	30,2
15.00	33,0	32,4	32,1	30,3
16.00	32,0	31,9	31,0	30,6
17.00	32,1	31,4	32,1	31,1



Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

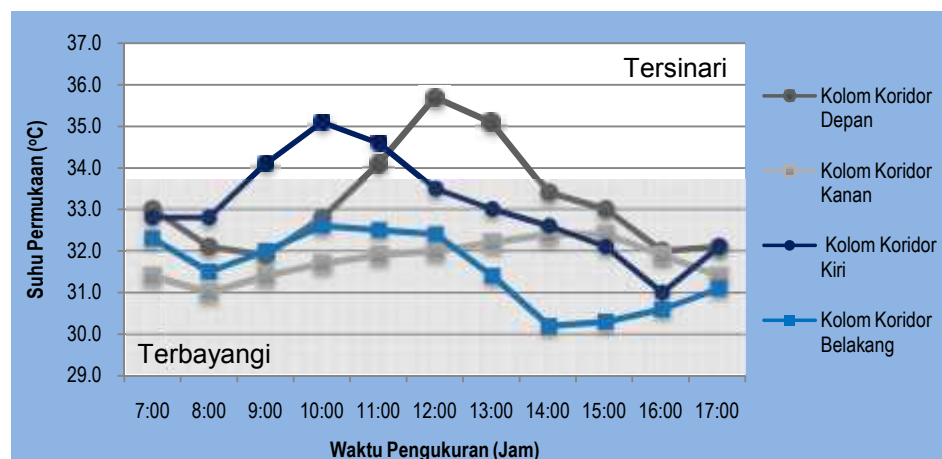


DIAGRAM 5.8.
Perbandingan Suhu Permukaan Kolom di Area Koridor Lantai I 4 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Hasil pengukuran rata-rata suhu permukaan kolom beton bagian depan, kanan, kiri dan belakang setiap jam dapat dilihat

pada tabel 5.14, sedangkan grafik perbandingan tingkat suhu permukaan dapat dilihat pada diagram 5.8. Material permukaan berupa plesteran acian semen dengan *finishing* permukaan berupa cat tembok berwarna kelabu.

Pada jam 07.00 suhu permukaan rata-rata kolom beton di keempat bagian koridor berkisar antara 31°C – 33°C , dimana pada bagian depan cenderung lebih tinggi dibandingkan lainnya. Pada jam 11.00 akibat terbentuk bidang tersinari pada permukaan kolom maka suhu permukaan naik menjadi $34,1^{\circ}\text{C}$ dan terus naik pada jam 12.00 menjadi $35,7^{\circ}\text{C}$ dan sedikit mengalami penurunan sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$ pada jam 13.00. Di jam 14.00 hingga jam 17.00 suhu permukaan pada kolom beton bagian depan mengalami penurunan secara perlahan hingga menjadi $32,1^{\circ}\text{C}$.

Suhu permukaan rata-rata pada kolom beton koridor bagian kanan dari jam 07.00 hingga jam 17.00 berkisar antara 31°C – $32,4^{\circ}\text{C}$ sedangkan di bagian belakang berkisar antara $30,2^{\circ}\text{C}$ – $32,6^{\circ}\text{C}$. Hal ini dikarenakan pada bagian ini permukaan kolom beton tidak tersinari oleh matahari.

Pada koridor bagian kiri, suhu permukaan rata-rata kolom beton mengalami kenaikan pada jam 09.00 hingga jam 11.00 karena terbentuknya bidang tersinari pada salah satu permukaan kolom tersebut hingga $35,1^{\circ}\text{C}$. Pada jam 12.00 hingga jam 16.00 suhu permukaan mengalami penurunan secara perlahan hingga

31,0°C dengan laju penurunan antara 0,4°C - 1,1°C. Kemudian di jam 17.00 sedikit mengalami kenaikan sebesar 1,1°C.

Secara keseluruhan dari diagram diatas perbandingan suhu permukaan rata-rata pada pag hari antara 07.00 – 12.00 suhu permukaan kolom beton di koridor bagian kiri cenderung lebih tinggi dari bagian lainnya dan kolom beton di koridor bagian kanan cenderung lebih rendah. Sedangkan pada siang hari antara jam 12.00 - 17.00 suhu permukaan rata-rata kolom beton di koridor bagian depan cenderung lebih tinggi dan di koridor bagian belakang cenderung lebih rendah.

d. Permukaan Dinding Kaca

Tabel 5.15.
Suhu Permukaan Dinding Kaca 4 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Dinding Kaca (°C)	
	Luar	Dalam
07.00	32,6	32,0
08.00	31,6	32,2
09.00	32,2	31,4
10.00	33,2	33,6
11.00	33,8	33,6
12.00	36,2	36,4
13.00	36,0	36,6
14.00	36,2	37,2
15.00	33,4	33,4
16.00	31,8	32,0
17.00	31,6	31,2

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015



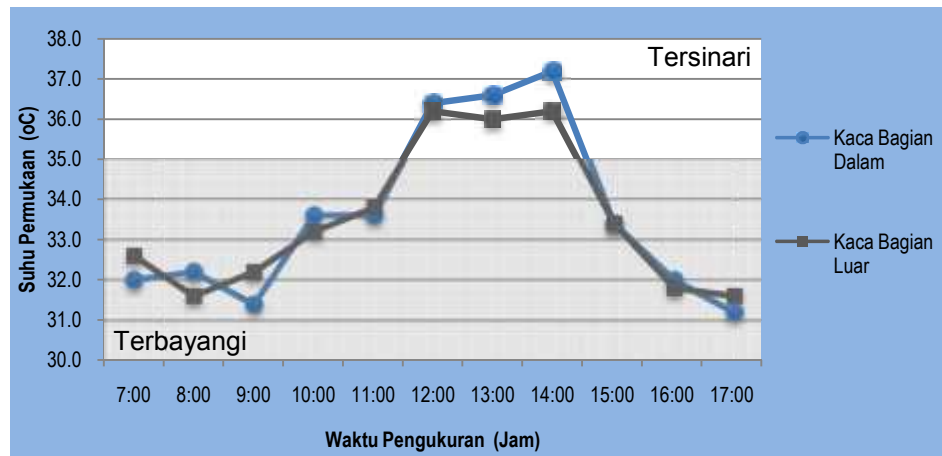


DIAGRAM 5.9.
Perbandingan Suhu Permukaan Dinding Kaca Luar dan Dalam
di Area Koridor Depan Lantai I 4 Juni 2015
 Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Hasil pengukuran suhu permukaan dinding kaca pada koridor bagian depan dapat dilihat pada tabel 5.15, sedangkan grafik perbandingan perubahan suhu permukaan dinding kaca dapat dilihat pada diagram 5.7. Secara umum gerak perubahan tingkat suhu permukaan antara bidang dinding kaca bagian dalam dan luar cenderung hampir sama. Pada jam 07.00 suhu permukaan di kedua bidang berada pada angka 32°C, namun pada bidang luar lebih tinggi 0,6°C. Peningkatan tingkat suhu permukaan mulai jam 10.00 hingga pukul 14.00 dimana permukaan dinding kaca bagian luar 36,2°C sedangkan bagian dalam 37,2°C. Peningkatan ini disebabkan karena bidang dinding kaca bagian luar menerima radiasi panas matahari secara langsung. Pada jam 15.00 suhu permukaan di kedua bidang turun sebesar 3,8°C untuk bagian dalam dan 2,8°C pada bagian dalam. Penurunan suhu permukaan terus terjadi hingga pukul 17.00

menjadi 31,2°C untuk permukaan bagian luar dan 31,6°C untuk suhu permukaan bidang dinding kaca bagian dalam.

5.3.2.3. Suhu Permukaan Pada Area Koridor Lantai II

a. Permukaan Lantai Granit

Tabel 5.16.
Suhu Permukaan Granit Lantai II 5 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rata-rata Lantai Granit (°C)			
	Depan	Kanan	Kiri	Belakang
07.00	30,3	30,2	30,1	30,4
08.00	28,6	29,4	30,0	29,5
09.00	29,1	29,5	30,6	29,6
10.00	29,3	29,4	30,3	29,4
11.00	29,6	29,7	30,2	29,9
12.00	29,8	29,8	30,1	30,6
13.00	30,6	30,5	31,0	31,1
14.00	30,5	30,5	31,2	30,8
15.00	30,6	30,6	31,1	30,7
16.00	30,6	30,5	30,9	30,8
17.00	30,6	30,4	30,7	31,2

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

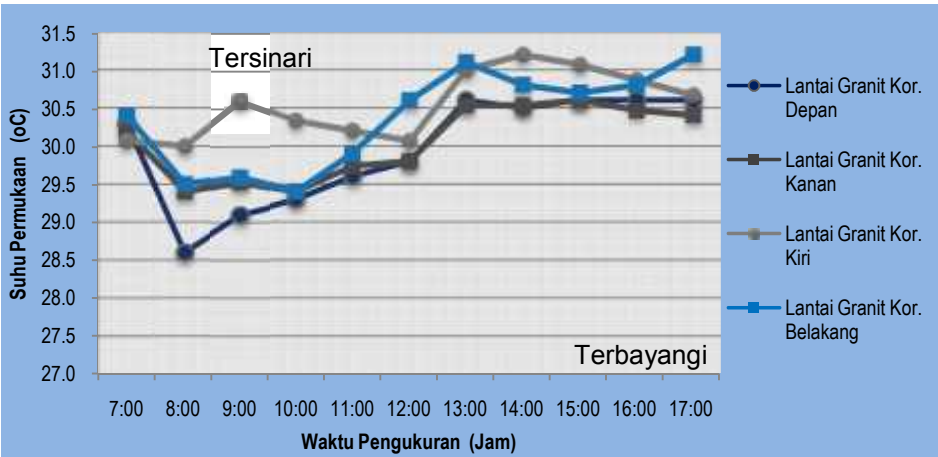
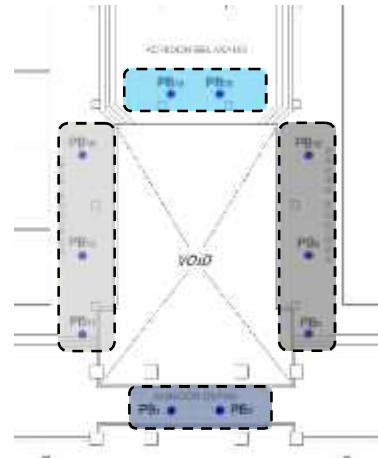


DIAGRAM 5.10.
Perbandingan Suhu Permukaan Lantai Granit Pada Area Koridor Lantai II 5 Juni 2015

Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Tabel 5.16 merupakan nilai rata-rata hasil pengukuran suhu permukaan lantai granit di empat bagian koridor lantai II dan diagram 5.10 adalah grafik perbandingan rata-rata suhu permukaan lantai granit tersebut. Pada jam 07.00 rata-rata suhu permukaan di empat bagian koridor cenderung sama, yakni antara $30,1^{\circ}\text{C}$ – $30,4^{\circ}\text{C}$. Di jam 08.00 terjadi penurunan suhu pada semua bidang permukaan lantai koridor, dimana koridor bagian depan mengalami penurunan lebih besar dari yang lainnya yakni $1,7^{\circ}\text{C}$ dan koridor bagian kiri penurunannya sangat kecil yakni $0,1^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada koridor bagian kanan dan belakang penurunan suhu permukaan masing-masing sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$ dan $0,9^{\circ}\text{C}$. Pada jam 09.00 suhu permukaan mulai naik secara perlahan hingga mencapai puncaknya pada jam 13.00 untuk koridor bagian depan, kanan dan belakang yakni masing-masing pada suhu rata-rata $30,6^{\circ}\text{C}$, $30,5^{\circ}\text{C}$ dan $31,1^{\circ}\text{C}$. Sedangkan koridor bagian kiri mencapai puncak di jam 14.00 lebih lambat satu jam dibandingkan koridor bagian lainnya yakni pada suhu $31,2^{\circ}\text{C}$.

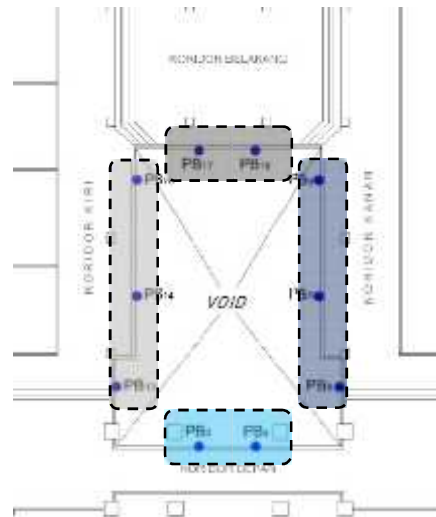
Pada jam-jam selanjutnya suhu permukaan mulai turun secara perlahan hingga jam 17.00 dengan rata-rata raju penurunan sebesar $0,1^{\circ}\text{C}$. Untuk koridor belakang pada jam 16.00 suhu permukaan kembali naik dari $30,7^{\circ}\text{C}$ di jam 15.00 menjadi $30,8^{\circ}\text{C}$ di jam 16.00 dan pada jam 17.00 terus naik sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$.

b. Permukaan Dinding Luar Koridor

Tabel 5.17.
Suhu Permukaan Dinding Balkon Lantai II 5 Juni 2015

Jam	Suhu Permukaan Rata-rata Dinding Balkon (°C)			
	Depan	Kanan	Kiri	Belakang
07.00	30,0	29,7	29,7	29,2
08.00	29,3	28,8	29,8	28,2
09.00	29,4	28,8	30,0	29,3
10.00	29,4	28,6	29,3	29,2
11.00	29,7	29,5	29,7	29,6
12.00	29,9	29,5	29,9	29,9
13.00	30,9	30,9	30,6	30,8
14.00	30,8	30,9	30,7	30,7
15.00	30,9	31,1	30,9	30,8
16.00	31,0	30,6	30,7	30,7
17.00	30,9	30,4	30,5	30,4

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015



Hasil pengukuran suhu permukaan yang telah di rata-ratakan dari permukaan dinding balkon pada koridor bagian depan, kanan, kiri dan belakang dapat dilihat pada tabel 5.17. Perubahan suhu permukaan di tiap jam yang merupakan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada diagram 5.11.

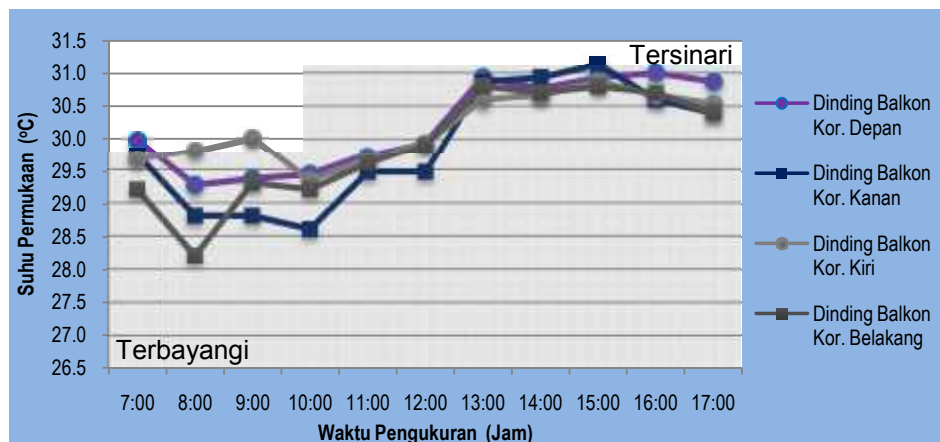


DIAGRAM 5.11.
Perbandingan Suhu Permukaan Dinding Balkon Area Koridor Lantai II 5 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Pada jam 07.00 rata-rata suhu permukaan dinding balkon di keempat bagian koridor berkisar pada suhu 29°C – 30°C . Di jam 08.00 terjadi penurunan tingkat suhu permukaan pada dinding koridor bagian depan, kanan dan belakang rata-rata sebesar 1°C sedangkan pada dinding koridor bagian kiri mengalami kenaikan namun sangat kecil yakni $0,1^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya tingkat suhu permukaan mengalami peningkatan secara perlahan di jam 09.00 lalu kemudian di jam 10.00 mengalami penurunan. Pada jam 11.00 tingkat suhu permukaan kembali merambat naik secara perlahan dan secara signifikan terjadi dari jam 12.00 menuju jam 13.00. Pada jam ini kenaikan suhu permukaan rata-rata adalah 1°C . Selanjutnya kenaikan terus terjadi hingga jam 15.00 sehingga rata-rata suhu permukaan dinding balkon antara $30,8^{\circ}\text{C}$ – $31,1^{\circ}\text{C}$. Pada jam 16.00 hingga jam 17.00 suhu permukaan perlahan mengalami penurunan dengan rata-rata laju penurunan sebesar $0,3^{\circ}\text{C}$.

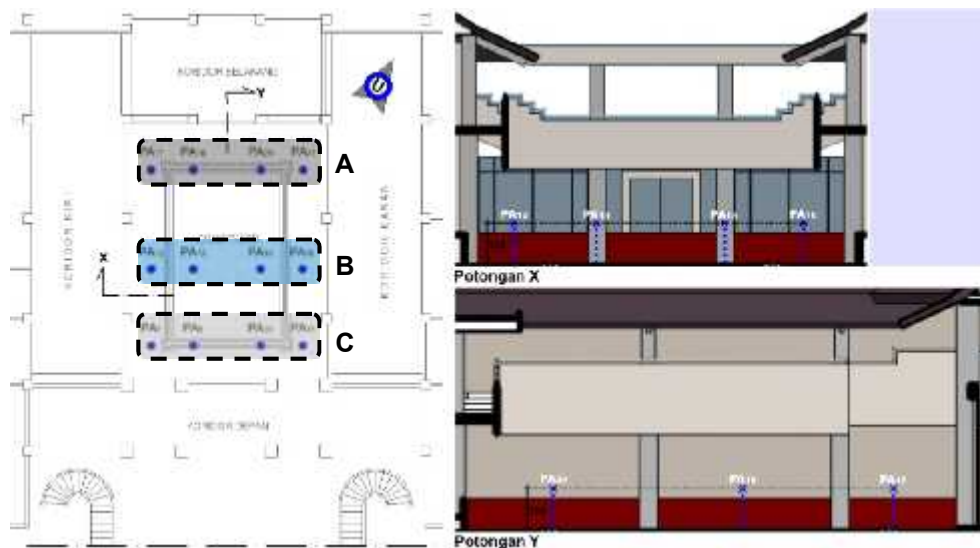
Dari grafik tersebut dapat dilihat juga bahwa secara umum pada pagi hari dari jam 07.00 hingga jam 12.00 tingkat rata-rata suhu permukaan dinding balkon bagian kanan cenderung lebih rendah dibanding dinding balkon pada bagian lainnya meskipun pada awalnya di jam 07.00 hingga jam 08.00 suhu permukaan yang rendah adalah dinding balkon bagian belakang. Kemudian pada siang dan sore hari antara jam 12.00 hingga jam 17.00

tingkat suhu permukaan pada keempat bagian dinding balkon hampir sama antara bagian satu dan bagian yang lainnya.

5.3.4. Temperatur Udara dan Kelembaban

Pengukuran tingkat temperatur udara dan kelembaban dilakukan pada area tengah *courtyard* serta pada bagian-bagian koridor di lantai I dan II. Ketinggian alat yakni pada posisi 1,5 m dari permukaan lantai. Pada bagian berikut merupakan analisis secara deskriptif dari hasil pengukuran yang telah diolah dan ditabulasikan.

5.3.4.1. Temperatur Udara dan Kelembaban di Area Tengah *Courtyard*



GAMBAR 5.56.
Posisi Titik Ukur di Area Tengah *Courtyard*
Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

Posisi dan ketinggian titik ukur pada area tengah *courtyard* dapat dilihat pada gambar 5.56. Zona A merupakan bagian yang rata-rata sepanjang waktu pengukuran senantiasa terbayangi oleh struktur bangunan. Zona B rata-rata mengalami penyinaran selama 2 jam dan 8 jam pembayangan, sedangkan pada zona C rata-rata penyinaran terjadi selama 4 jam dan 6 jam pembayangan. Hasil pengukuran pada tiap titik di ketiga zona tersebut di rata-ratakan sehingga diperoleh nilai-nilai tingkat temperatur udara dan kelembaban yang dapat dilihat pada tabel 5.18.

Tabel 5.18.
Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH)
Rata-rata di Area Tengah *Courtyard* 4 Juni 2015

Jam	Zona A		Zona B		Zona C	
	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)
07.00	27,8	78	27,8	76	27,7	77
08.00	28,0	77	28,4	75	28,6	74
09.00	30,0	72	30,1	71	30,3	69
10.00	30,0	73	30,3	70	29,8	72
11.00	30,1	64	31,6	66	31,8	65
12.00	30,6	66	32,1	64	33,2	62
13.00	30,6	62	31,4	61	31,6	60
14.00	31,1	62	31,0	62	31,1	62
15.00	30,5	65	30,8	64	30,7	63
16.00	30,2	67	30,4	68	30,6	69
17.00	29,8	72	29,8	72	29,8	73

Sumber: *Hasil Pengukuran, 2015*

a. Tingkat Temperatur Udara di Area Tengah *Courtyard*

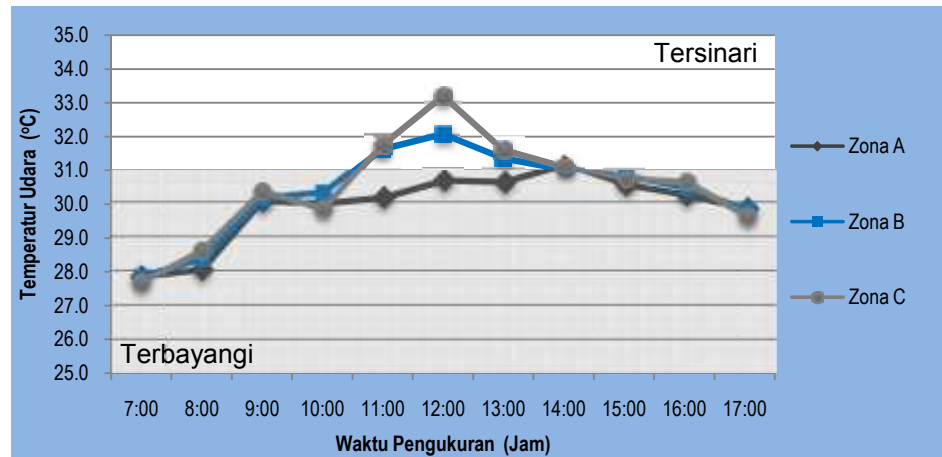


DIAGRAM 5.12.
Perbandingan Tingkat Temperatur Udara Area Tengah *Courtyard* 4 Juni 2015
 Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Diagram 5.12 menunjukkan grafik perbandingan temperatur dari tiga zona pengukuran di area tengah *courtyard*. Pada jam 07.00 dimana semua area masih diliputi oleh bayangan tingkat temperatur cenderung sama di ketiga zona yakni pada suhu $27,7^{\circ}\text{C}$ - $27,8^{\circ}\text{C}$. Hingga di jam 09.00 dimana pola bidang terbayangi dan tersinari mulai terbentuk di area ini temperatur udara pada masing-masing zona masih cenderung sama yakni pada suhu 30°C – $30,3^{\circ}\text{C}$. Pada jam 10.00 temperatur udara di zona A dan B masih berada di sekitaran suhu 30°C dimana pada zona A terbayangi oleh bangunan dan zona B terbayangi pohon dan bangunan. Sedangkan di zona C sebagian tersinari oleh matahari temperatur sedikit mengalami penurunan sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$. Pada jam 11.00 tingkat temperatur pada zona B dan C mengalami kenaikan masing-masing $1,4^{\circ}\text{C}$ dan 2°C sedangkan di zona A hanya mengalami kenaikan $0,1^{\circ}\text{C}$.

Memasuki jam 12.00 yakni puncak penyinaran matahari secara maksimal, temperatur udara di zona A dan zona B meningkat sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$ sedangkan di zona C mengalami peningkatan sebesar $1,5^{\circ}\text{C}$. Pada jam 13.00 temperatur udara di zona B dan C mengalami penurunan masing-masing sebesar $0,7^{\circ}\text{C}$ dan $1,6^{\circ}\text{C}$ sedangkan di zona A cenderung stabil. Di jam 14.00 penurunan tingkat temperatur terus terjadi di zona B dan C sedangkan di zona A sedikit mengalami peningkatan sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$ sehingga pada jam ini tingkat temperatur udara di tiga zona tersebut relatif sama yakni pada suhu $31^{\circ}\text{C} - 31,1^{\circ}\text{C}$. Pada jam 15.00 hingga 17.00 tingkat temperatur udara di tiga zona pengukuran terus mengalami penurunan dengan laju penurunan antara $0,1^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}$. Pada jam 17.00 tingkat temperatur udara berada pada tingkat yang sama yakni $29,8^{\circ}\text{C}$.

b. Kelembaban Relatif di Area Tengah *Courtyard*

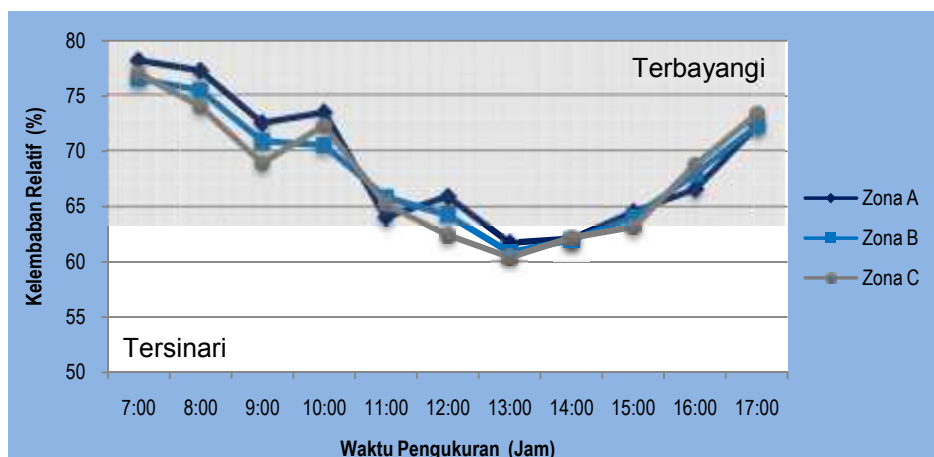


DIAGRAM 5.13.
Perbandingan Tingkat Kelembaban Relatif Area Tengah *Courtyard* 4 Juni 2015
 Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Perbandingan tingkat kelembaban relatif rata-rata pada setiap bagian koridor di sekitar *courtyard* dapat dilihat pada diagram 5.13. Pada jam 07.00 kelembaban relatif rata-rata di tiga zona pengukuran berkisar antara 76% - 78%. Seiring dengan pergerakan matahari tingkat kelembaban relatif mengalami penurunan hingga pada titik terendah pada jam 13.00. Pada jam 13.00 tersebut kelembaban relatif rata-rata berkisar antara 60% - 62%.

Di jam 14.00 hingga jam 17.00 kelembaban relatif di tiga zona pengukuran mulai mengalami peningkatan seiring dengan pergerakan matahari menuju waktu terbenamnya dan seiring pula dengan penurunan tingkat temperatur udara. Pada jam 17.00 kelembaban relatif berkisar antara 72% - 73%.

Dari diagram tingkat kelembaban relatif tersebut terlihat bahwa pada pagi hari kelembaban relatif di zona A cenderung selalu lebih tinggi dibandingkan dengan zona B dan C. Sedangkan memasuki waktu siang hari kelembaban relatif di zona C cenderung sedikit lebih tinggi dari zona A dan B.

5.3.4.2. Temperatur Udara dan Kelembaban di Area Koridor Lantai I



GAMBAR 5.57.
Posisi Titik Ukur di Area Koridor Lantai I
Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

Posisi dan ketinggian titik-titik ukur pada area koridor lantai I di empat bagian sekitar *courtyard* dapat dilihat pada gambar 5.57. Hasil pengukuran di tiap titik pada empat bagian koridor tersebut dirata-ratakan sehingga diperoleh nilai-nilai tingkat temperatur udara dan kelembaban relatif yang dapat dilihat pada tabel 5.19.

Tabel 5.19.
Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH)
Rata-rata di Area Koridor Lantai I 4 Juni 2015

Jam	Koridor Depan		Koridor Kanan		Koridor Kiri		Koridor Belakang	
	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)
07.00	27,5	78	27,6	78	27,3	79	27,1	80
08.00	28,8	73	28,8	75	28,0	78	27,7	78
09.00	29,8	66	29,7	71	29,5	72	30,2	70
10.00	30,3	69	30,4	69	29,5	73	29,7	72
11.00	32,2	63	31,7	64	29,2	73	28,9	73
12.00	32,6	60	31,9	62	30,3	70	30,1	70
13.00	32,4	58	32,7	59	30,0	65	29,8	65
14.00	31,5	60	31,5	60	31,2	62	31,1	62
15.00	30,7	63	30,4	64	30,4	64	30,4	64
16.00	30,6	67	30,2	66	30,2	66	30,1	66
17.00	29,4	72	29,8	72	29,8	72	29,8	72

Sumber: *Hasil Pengukuran, 2015*

a. Temperatur Udara di Area Koridor Lantai I

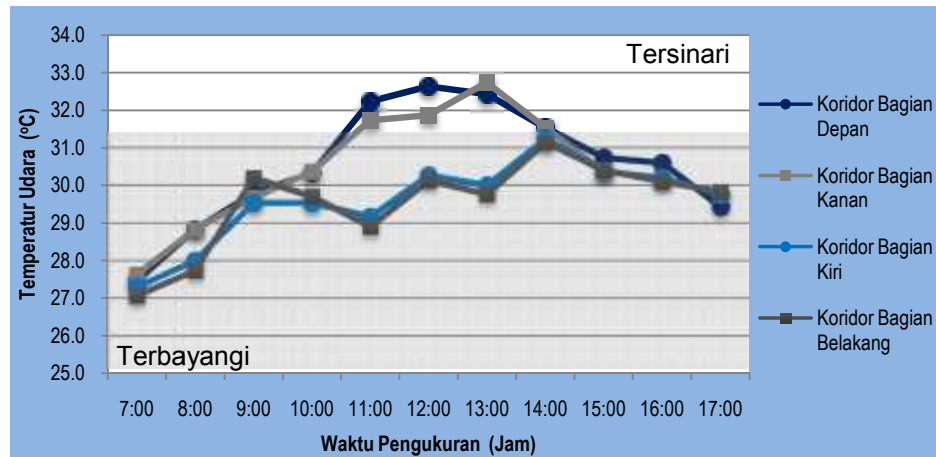


DIAGRAM 5.14.
Perbandingan Tingkat Temperatur Udara di Tiap Koridor Lantai I 4 Juni 2015
 Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Grafik perbandingan tingkat temperatur udara pada empat bagian koridor lantai I dapat dilihat pada diagram 5.14. Pada jam 07.00 dimana seluruh area masih terbayangi, temperatur udara rata-rata empat area tersebut cenderung sama yakni berada pada suhu $27,1^{\circ}\text{C}$ – $27,6^{\circ}\text{C}$. Temperatur udara terendah ada di koridor bagian belakang yakni $27,1^{\circ}\text{C}$ dan yang tertinggi ada di area koridor bagian kanan yakni $27,6^{\circ}\text{C}$. Pada jam 08.00 radiasi sinar matahari mulai masuk ke dalam area *courtyard* menyebabkan temperatur udara rata-rata di semua bagian koridor mengalami kenaikan dimana area koridor bagian depan dan kanan mengalami kenaikan masing-masing sebesar $1,4^{\circ}\text{C}$ dan $1,2^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada bagian lainnya mengalami kenaikan rata-rata $0,6^{\circ}\text{C}$.

Pada jam 09.00 kenaikan tingkat temperatur udara terus terjadi dimana kenaikan tertinggi terjadi di area koridor bagian

belakang dengan kenaikan sebesar $2,5^{\circ}\text{C}$, kenaikan sebesar $1,5^{\circ}\text{C}$ di koridor bagian kiri dan di koridor bagian depan dan kanan mengalami kenaikan temperatur udara sebesar $1,0^{\circ}\text{C}$ dan $0,8^{\circ}\text{C}$. Di jam ini tingkat temperatur udara di koridor bagian belakang sedikit lebih tinggi dibanding dengan bagian lainnya. Pada jam 10.00 temperatur udara di bagian depan dan kanan terjadi peningkatan masing-masing sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$ dan $0,7^{\circ}\text{C}$ sedangkan di koridor bagian kiri tidak mengalami peningkatan dan bagian belakang mengalami penurunan tingkat temperatur udara sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$.

Pada jam 11.00 peningkatan tingkat temperatur udara masih terjadi di koridor bagian depan dan koridor bagian kanan dengan besaran kenaikan masing-masing $1,9^{\circ}\text{C}$ dan $1,4^{\circ}\text{C}$. Sedangkan di area koridor bagian kiri dan belakang mengalami penurunan tingkat temperatur udara sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$ dan $0,8^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya di jam 12.00 peningkatan temperatur udara di koridor bagian depan dan koridor bagian kanan terjadi sangat lambat yakni masing-masing meningkat sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$ dan $0,1^{\circ}\text{C}$. Sedangkan temperatur udara di koridor bagian kiri dan belakang mengalami peningkatan sebesar $1,1^{\circ}\text{C}$ dan $1,2^{\circ}\text{C}$. Tingkat temperatur udara rata-rata tertinggi masih berada di koridor bagian depan dan koridor bagian kanan.

Pada jam 13.00 terjadi penurunan tingkat temperatur udara rata-rata di semua area kecuali di koridor bagian kanan yang mengalami peningkatan sebesar $0,9^{\circ}\text{C}$. Di koridor depan sebesar

0,2°C, koridor kiri penurunan sebesar 0,3°C serta di koridor bagian belakang sebesar 0,4°C. Tingkat temperatur udara tertinggi pada jam ini berada pada koridor bagian kanan dan bagian depan. Pada jam 14.00 peningkatan tingkat temperatur udara rata-rata terjadi di koridor bagian belakang dan bagian kiri, yakni masing-masing meningkat sebesar 1,4°C dan 1,2°C. Sedangkan pada area lainnya mengalami penurunan yakni 0,9°C di koridor bagian depan dan 1,2°C di koridor bagian kanan. Peningkatan dan penurunan ini menyebabkan pada jam 14.00 tingkat temperatur udara rata-rata di semua area menjadi hampir sama yakni berada pada suhu 31°C. Hingga jam 17.00 temperatur udara terus mengalami penurunan menjadi berada pada kisaran 29°C.

Dari diagram 5.14 di atas dapat dilihat bahwa tingkat temperatur udara di koridor bagian depan dan bagian kanan umumnya lebih tinggi dari tingkat temperatur di koridor bagian kiri dan belakang terutama di jam 10.00 hingga jam 13.00.

b. Kelembaban Relatif di Area Koridor Lantai I

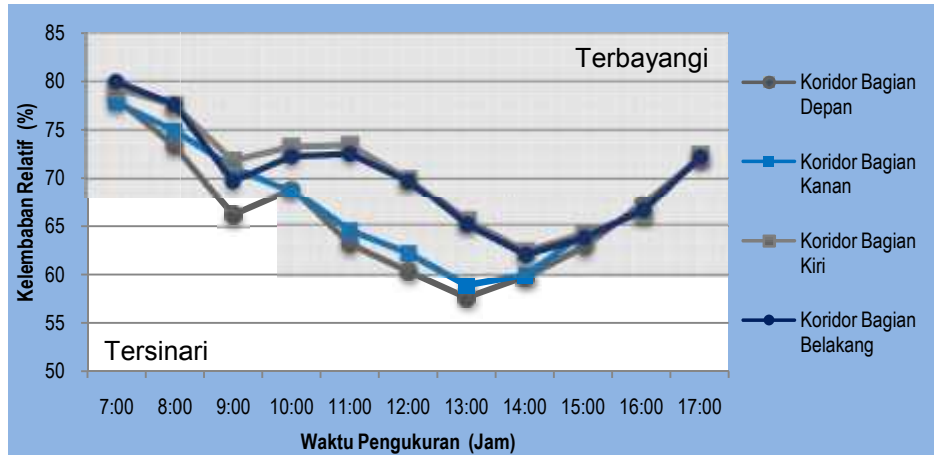


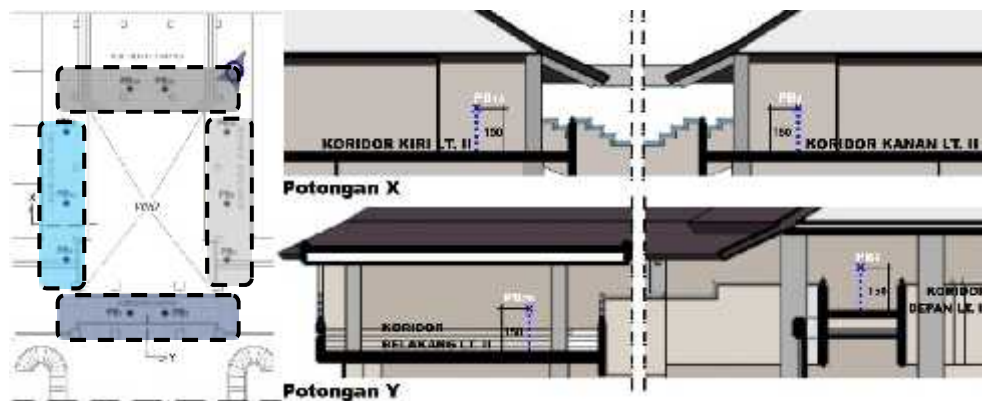
DIAGRAM 5.15.
Perbandingan Tingkat Kelembaban Relatif di Tiap Koridor Lantai I 4 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Grafik perbandingan tingkat kelembaban relatif ditunjukkan oleh diagram 5.15. Pada jam 07.00 kelembaban relatif di seluruh area pengukuran berkisar antara 78% - 80%. Seiring dengan kenaikan tingkat radiasi matahari dan temperatur udara, tingkat kelembaban relatif mengalami penurunan hingga mencapai titik terendah pada jam 14.00 yakni antara 60% - 62% dengan laju perubahan yang variatif di setiap tempat dan jam. Di jam 15.00 tingkat kelembaban relatif kembali naik secara perlahan hingga jam 17.00 dengan laju kenaikan rata-rata setiap jam di semua bagian adalah 3%.

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa secara umum kelembaban relatif rata-rata di area koridor bagian kiri dan bagian belakang cenderung selalu lebih tinggi dibandingkan area lainnya. Terutama di jam 10.00 hingga jam 13.00. Sedangkan area yang

tingkat kelembaban relatif hampir selalu rendah adalah koridor bagian depan.

5.3.4.3. Temperatur Udara dan Kelembaban di Area Koridor Lantai II



GAMBAR 5.58.
Posisi Titik Ukur di Area Koridor Lantai II
Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

Tabel 5.20.
Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH)
Rata-rata di Area Koridor Lantai II 5 Juni 2015

Jam	Koridor Depan		Koridor Kanan		Koridor Kiri		Koridor Belakang	
	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)	DBT (°C)	RH (%)
07.00	28,1	64	28,2	64	27,7	64	27,4	65
08.00	29,0	58	29,0	58	28,9	56	28,9	56
09.00	29,3	59	29,5	58	29,0	58	28,6	59
10.00	29,7	56	29,7	55	29,6	55	29,1	57
11.00	30,7	56	30,6	56	30,4	55	30,1	54
12.00	30,6	60	30,5	54	30,5	55	30,4	55
13.00	31,1	60	31,0	56	30,8	56	30,6	56
14.00	31,0	56	31,0	56	30,9	55	30,5	57
15.00	31,1	59	31,0	58	30,9	56	30,7	56
16.00	30,6	58	30,5	57	30,5	58	30,4	59
17.00	30,4	61	30,4	59	30,5	59	30,3	58

Sumber: *Hasil Pengukuran, 2015*

Posisi dan ketinggian titik-titik ukur di empat bagian koridor lantai II dapat dilihat pada gambar 5.58. Hasil pengukuran di tiap titik pada empat bagian koridor tersebut dirata-ratakan sehingga diperoleh nilai-nilai tingkat temperatur udara dan kelembaban relatif yang dapat dilihat pada tabel 5.20.

a. Temperatur Udara di Area Lantai II

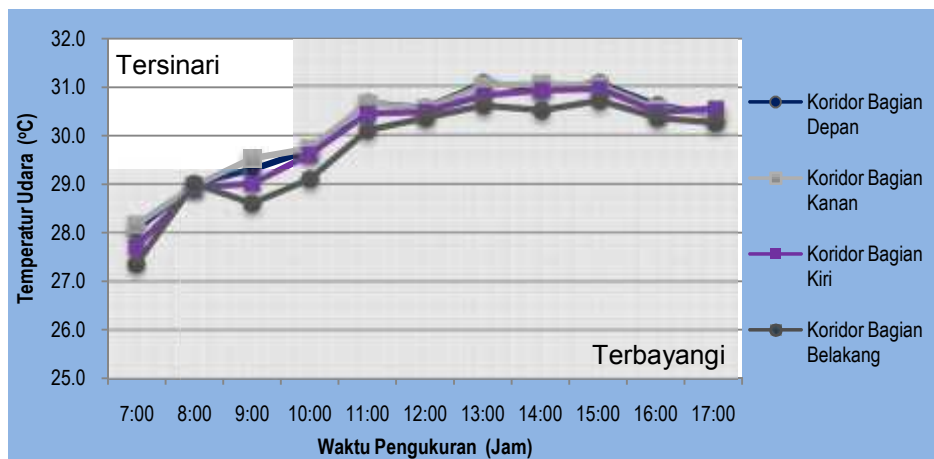


DIAGRAM 5.16.
Perbandingan Tingkat Temperatur Udara di Tiap Koridor Lantai II 5 Juni 2015
 Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Tingkat temperatur udara rata-rata dari hasil pengukuran di area koridor lantai II sekitar *courtyard* dapat dilihat pada tabel 5.20 dan grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram 5.16. Pada jam 07.00 temperatur udara rata-rata pada bagian kiri dan belakang berada pada suhu 27,7°C dan 27,4°C sedangkan pada koridor bagian depan dan kanan masing-masing adalah 28,1°C dan 28,2°C. Selanjutnya di jam 08.00 ketika radiasi sinar matahari telah memasuki area *courtyard* terjadi peningkatan temperatur udara di

semua bagian koridor dengan peningkatan rata-rata pada koridor bagian depan dan kanan sebesar $0,9^{\circ}\text{C}$ dan pada koridor bagian kiri dan belakang sebesar $1,4^{\circ}\text{C}$, sehingga pada jam ini temperatur udara di semua bagian menjadi sama yakni pada suhu 29°C . Pada jam 09.00 hingga jam 10.00 peningkatan temperatur udara terjadi sangat lambat rata-rata sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$.

Di jam 11.00 temperatur udara rata-rata di semua bagian koridor meningkat menjadi 30°C , dimana nilai temperatur tertinggi berada di koridor bagian depan yakni $30,7^{\circ}\text{C}$ dan terendah berada di koridor bagian belakang yakni $30,1^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya peningkatan terus terjadi secara perlahan hingga di jam 13.00 dan 15.00 temperatur udara rata-rata di koridor bagian depan dan bagian kanan mencapai suhu 31°C dan $31,1^{\circ}\text{C}$ sedangkan di bagian kiri dan belakang adalah $30,9^{\circ}\text{C}$ dan $30,7^{\circ}\text{C}$. Pada jam 16.00 temperatur udara di semua bagian koridor mengalami penurunan rata-rata $0,4^{\circ}\text{C}$ dan di jam 17.00 penurunan tingkat temperatur udara adalah $0,1^{\circ}\text{C}$. Dari diagram 5.16 di atas dapat dilihat bahwa tingkat temperatur udara di koridor bagian depan dan bagian kanan umumnya sedikit lebih tinggi dari tingkat temperatur di koridor bagian kiri dan belakang.

b. Kelembaban Relatif di Area Lantai II

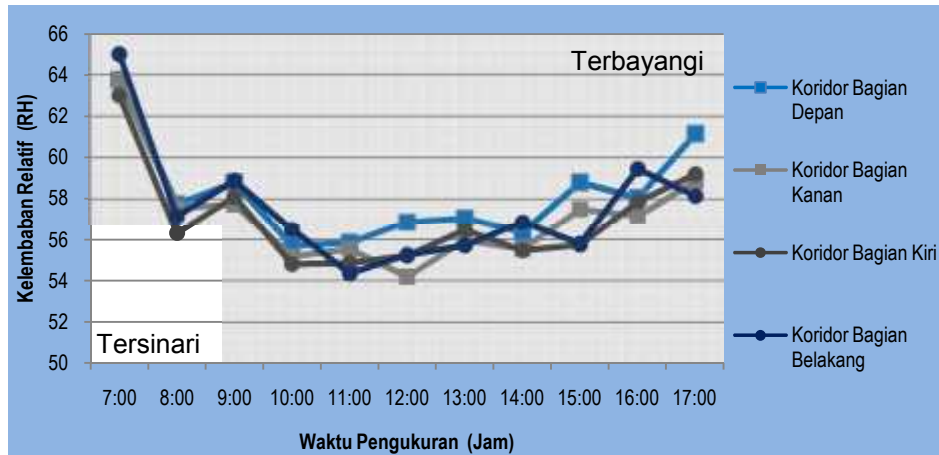


DIAGRAM 5.17.
Perbandingan Tingkat Kelembaban Relatif di Tiap Koridor Lantai II 5 Juni 2015
Sumber: Olahan Penulis Dari Hasil Pengukuran, 2015

Tingkat kelembaban relatif rata-rata dari hasil pengukuran di area koridor lantai II sekitar *courtyard* dapat dilihat pada tabel 5.20 dan grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram 5.17. Pada jam 07.00 dimana pengukuran diawali tingkat kelembaban relatif di area koridor bagian depan, kanan dan kiri cenderung sama yakni dibawah 64% sedangkan di koridor bagian belakang sedikit lebih tinggi yakni 65%. Selanjutnya di jam 08.00 tingkat kelembaban relatif di semua area pengukuran mengalami penurunan sebesar 8%-13%. Dari jam 08.00 hingga jam 17.00 tingkat kelembaban relatif rata-rata mengalami kenaikan dan penurunan antara 1% - 4%.

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa tingkat kelembaban relatif di area koridor bagian depan cenderung selalu lebih tinggi dibandingkan pada area lainnya terutama pada jam 12.00, 13.00, 15.00 dan jam 17.00.

5.4. Hasil Analisis

5.4.1. Pembayangan Pada Area *Courtyard* Gedung Widya Puraya

Berdasarkan hasil simulasi, orientasi bangunan terhadap arah lintasan matahari sangat menentukan pembayangan serta durasi pembayangan pada area *courtyard*. Sudut-sudut pembayangan yang terbentuk menggambarkan bahwa elemen-elemen yang berperan sebagai pembentuk bidang bayangan pada area *courtyard* gedung Widya Puraya adalah struktur bangunan koridor depan, kanan, kiri dan belakang, serta elemen vegetasi berupa pohon cemara jarum yang ada di tengah *courtyard* tersebut. Pada struktur bangunan koridor bagian kiri dan kanan, teritisan dan dinding balkon yang memegang peranan dalam pembentukan bidang bayangan.

Secara dimensional berdasarkan struktur bangunan, indeks bayangan pada *courtyard* adalah 43% angka ini dibawah 50% hal ini menunjukkan penetrasi sinar matahari ke dalam area *courtyard* masih tinggi. Pembayangan yang terbentuk oleh elemen vegetasi meningkatkan indeks bayangan sehingga dapat mengurangi penetrasi matahari tersebut.

Bidang tersinari dan terbayangi pada fasad baik pada lantai I dan lantai II secara variatif terbentuk pada permukaan bagian tengah area *courtyard*, fasad depan, fasad kiri dan fasad bagian kanan sedangkan fasad bagian belakang terbayangi sepanjang hari. Pada area tengah *courtyard* durasi bidang tersinari yang terbentuk

berlangsung antara 1 - 5 jam sedangkan durasi bidang terbayangi berlangsung selama 1 – 10 jam.

5.4.2. Peranan Pembayangan Terhadap Pengendalian Temperatur Pada Area Sekitar *Courtyard*

Penetrasi radiasi matahari langsung yang masuk melalui *courtyard* secara umum berdurasi ± 8 jam dimulai beberapa saat sebelum jam 08.00 hingga beberapa saat setelah jam 16.00. Puncak penyinaran maksimal terjadi pada jam 12.00. Durasi ini dimungkinkan karena aspek rasio *courtyard* masih cukup tinggi yakni 25:1 sebanding dengan indeks bayangan sebesar 43%.

Pada pagi hari secara umum peningkatan suhu permukaan material terjadi seiring dengan kenaikan tingkat intensitas radiasi matahari, namun akibat kombinasi bidang tersinari dan terbayangi berdasarkan durasi penyinaran dan pembayangan menyebabkan puncak tertinggi terjadi pada jam yang berbeda untuk masing-masing material. Hal ini ditunjukkan oleh trend kurva suhu permukaan material yang berbeda dengan trend kurva intensitas radiasi matahari. yang terjadi disebabkan oleh kombinasi bidang tersinari dan terbayangi berdasarkan durasi penyinaran dan pembayangan.

- Pada Area tengah *courtyard* puncak suhu permukaan untuk bidang yang tersinari terjadi antara jam 11.00 – 13.00, untuk bidang yang terbayangi pohon terjadi pada jam 11.00 sedangkan

bidang yang terbayangi struktur bangunan suhu permukaan tertinggi tercipta pada jam 10.00.

- Pada area koridor lantai I terjadi antara jam 09.00 – 14.00 baik bidang yang tersinari maupun terbayangi.
- Pada area koridor lantai II suhu permukaan tertinggi tercipta antara jam 13.00 – 15.00 pada kondisi bidang terbayangi struktur bangunan.

Dengan demikian pembayangan yang terjadi di area *courtyard* gedung Widya Puraya dapat mengendalikan terjadinya peningkatan suhu permukaan pada bidang permukaan sehingga puncak tertinggi suhu permukaan tidak terjadi pada waktu yang bersamaan dengan peningkatan intensitas radiasi matahari.

Peningkatan intensitas radiasi matahari mempengaruhi peningkatan temperatur udara dan penurunan tingkat kelembaban relatif pada area *courtyard*. Temperatur udara tertinggi dan tingkat kelembaban relatif terendah terjadi antara jam 12.00 – 14.00 pada area tengah *courtyard* dan koridor lantai I, sedangkan pada koridor lantai II terjadi antara jam 13.00 – 15.00. Pada tabel 5.21 berikut merupakan rekapitulasi tingkat temperatur udara dan kelembaban relatif tertinggi dan terendah.

Tabel 5.21.
Tingkat Temperatur Udara (DBT) dan Kelembaban Relatif (RH)
Tertinggi dan Terendah

Area	Temperatur Udara (°C)		Kelembaban Relatif (%)	
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
Tengah <i>Courtyard</i>	27,7	33,2	60	78
Lantai I (Tanggal 4 Juni 2015)				
Koridor Bagian Depan	27,5	32,6	58	78
Koridor Bagian Kanan	27,6	32,7	59	78
Koridor Bagian Kiri	27,3	31,2	62	79
Koridor Bagian Belakang	27,1	31,1	62	80
Lantai II (Tanggal 5 Juni 2015)				
Koridor Bagian Depan	28,1	31,1	56	68
Koridor Bagian Kanan	28,2	31,0	54	65
Koridor Bagian Kiri	27,7	30,9	55	68
Koridor Bagian Belakang	27,4	30,7	54	71

Sumber: Hasil Pengukuran, 2015

Temperatur udara terendah pada area tengah *courtyard* yakni 27,7°C sedangkan temperatur tertinggi mencapai 33,2°C. Untuk area koridor baik lantai I maupun lantai II kondisi temperatur udara terendah berada pada koridor bagian belakang tertinggi berada pada kordior bagian depan dan kanan yakni pada suhu 32,7°C dengan tingkat kelembaban relatif terendah yakni 58% untuk lantai I dan 31,1°C dengan tingkat kelembaban relatif terendah yakni 55% untuk lantai II.

Hasil ini menunjukkan bahwa indeks bayangan 43% yang terbentuk oleh elemen struktur ditambah dengan pembayangan oleh elemen vegetasi secara umum efektif mengendalikan peningkatan temperatur udara dan kelembaban relatif di sekitar area tersebut pada pagi hari sebelum jam 12.00 dan sore hari setelah jam 14.00 untuk lantai I, sedangkan untuk lantai II sebelum jam 13.00 dan setelah jam 15.00. Batas toleransi temperatur udara untuk daerah khatulistiwa yakni antara 22,5°C sampai 29,5°C dengan kelembaban relatif antara 20 – 50%.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari uraian pembahasan hasil penelitian pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan yakni sebagai berikut:

- a. Elemen-elemen yang berperan sebagai pembentuk bidang bayangan pada area *courtyard* gedung Widya Puraya adalah struktur bangunan koridor depan, kanan, belakang serta elemen vegetasi berupa pohon cemara jarum yang ada di tengah *courtyard*.
- b. Indeks bayangan pada *courtyard* adalah 43% angka ini dibawah 50% hal ini menunjukkan penetrasi sinar matahari ke dalam area *courtyard* masih tinggi.
- c. Pada area tengah *courtyard* durasi bidang tersinari yang terbentuk berlangsung antara 1 - 5 jam sedangkan durasi bidang terbayangi berlangsung selama 1 – 10 jam.
- d. Penetrasi radiasi matahari langsung yang masuk melalui *courtyard* secara umum berdurasi ± 8 jam dimulai beberapa saat sebelum jam 08.00 hingga beberapa saat setelah jam 16.00.
- e. Berdasarkan hasil pengamatan, bukaan pada *courtyard* merupakan jalur sirkulasi udara keluar dari dalam bangunan.
- f. Pembayangan yang terjadi di area *courtyard* gedung Widya Puraya mengendalikan terjadinya peningkatan suhu permukaan pada setiap

bidang permukaan yang diukur sehingga puncak tertinggi suhu permukaan tidak terjadi pada waktu yang bersamaan dengan peningkatan intensitas radiasi matahari.

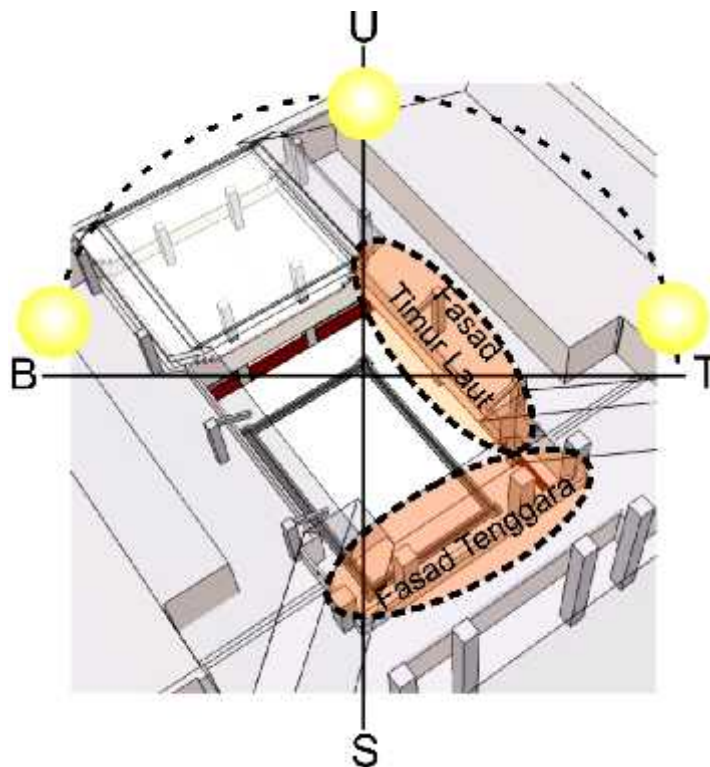
- g. Temperatur udara tertinggi dan tingkat kelembaban relatif terendah terjadi antara jam 12.00 – 14.00 pada area tengah *courtyard* dan koridor lantai I, sedangkan pada koridor lantai II terjadi antara jam 13.00 – 15.00.
- h. Temperatur udara terendah pada area tengah *courtyard* yakni 27,7°C sedangkan temperatur tertinggi mencapai 33,2°C.
- i. Untuk area koridor baik lantai I maupun lantai II kondisi temperatur udara terendah berada pada koridor bagian belakang tertinggi berada pada koridor bagian depan dan kanan.
- j. Pembayangan yang terbentuk oleh elemen vegetasi meningkatkan indeks bayangan sehingga dapat mengurangi penetrasi matahari efektif terjadi pada pagi hari sebelum jam 12.00 dan setelah jam 14.00 untuk lantai I dan sebelum jam 13.00 dan setelah jam 15.00 untuk lantai II.

6.2. Rekomendasi

Berdasarkan hasil pembahasan dan uraian kesimpulan diatas maka rekomendasi yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

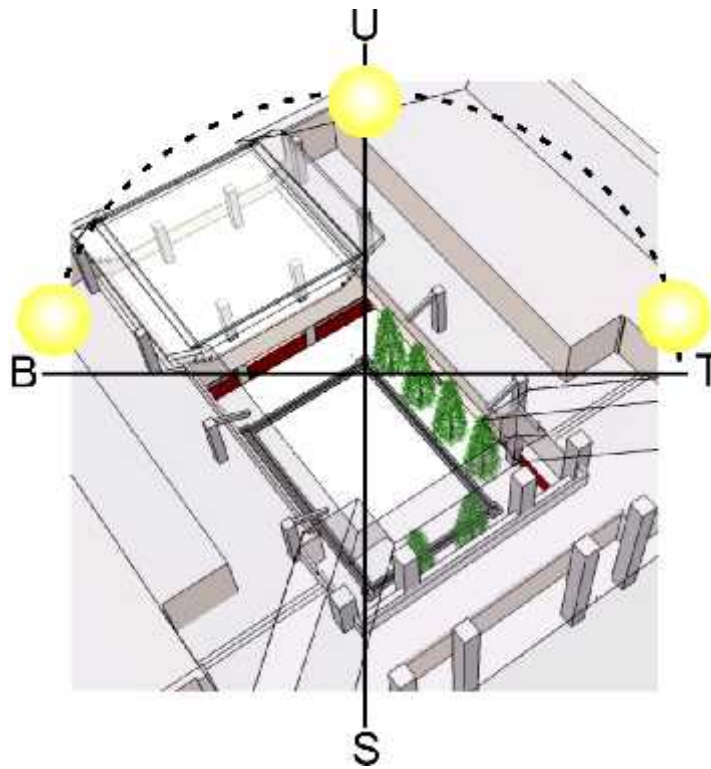
- a. Dalam merancang area *courtyard* pada bangunan perlu memperhatikan orientasi fasad-fasad atau struktur bangunan pembentuk *courtyrad* terhadap arah matahari. Dari penelitian ini pada koridor bagian timur

laut (Kanan) dan bagian tenggara (Depan) atau yang sejourusnya perlu mendapatkan perhatian khusus terutama dalam hal pembayangan untuk mengatasi peningkatan suhu permukaan dan temperatur udara akibat penetrasi radiasi matahari.



GAMBAR 6.1.
Fasad-fasad Pada *Courtyard* Yang Perlu Mendapat Perhatian
Sumber: Olahan Penulis, 2015

- b. Penggunaan vegetasi sebagai elemen untuk menciptakan pembayangan perlu memperhatikan posisi perletakan terhadap fasad bangunan yang menjadi perhatian khusus dalam rangka mengendalikan temperatur pada area tersebut.



GAMBAR 6.1.
Rekomendasi Penempatan Elemen Vegetasi Untuk Pembayangan
 Sumber: *Olahan Penulis, 2015*

- c. Penelitian ini dapat dijadikan bahan pembanding dan dapat di kembangkan pada penelitian-penelitian selanjutnya mengenai *courtyard* khususnya kaitannya dengan pengikliman di dalam bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldawoud, Abdelsalam. 2008. Thermal Performance Of Courtyard Buildings. *Journal Energy and Buildings*. 40(2008): 906-910.
- Boutet, Terry S. 1987. *Controlling Air Movement – A Manual for Architects and Builders*. New York : McGraw-Hill.
- Canton, M. Alicia. Carolina Ganem. Gustavo Barea dan Fernandez Llano. 2014. Courtyards As A Passive Strategy In Semi Dry Areas - Assesment Of Summer Energy And Thermal Conditions In A Refurbished School Building. *Journal Renewable Energy*. 69: 437-446.
- Chirstensen, A. Jay. 2005. *Dictionary of Landscape Architecture and Construction*. New York: McGraw-Hill.
- Davies, Nikolas dan Erkki Jokiniemi. 2008. *Dictionary Of Architecture and Building Construction*. Amsterdam: Architectural Press
- Edwards, B., Magda Sibley., Mohamad Hakmi dan Peter Land. 2006. *Courtyard Housing: Past, Present and Future*. New York: Taylor & Francis Group.
- Frick, Heinz et.al. 2008. *Ilmu Fisika Bangunan: Pengantar Pemahaman Cahaya, Kalor, Kelembapan, Iklim, Gempa Bumi, Bunyi dan Kebakaran*. Yogyakarta: Kanisius.
- Frick, Heinz dan FX. Bambang Suskiyatno. 2007. *Dasar-dasar Arsitektur Ekologis. Konsep Pembangunan Berkelanjutan dan Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fry, Maxwell dan Jane Drew. 1956. *Tropical Architecture In The Humid Zone*. New York: Reinhold Publishing Corporation.
- Hall, D.J. S. Walker. A.M. Spanton. 1999. Dispersion From Courtyards And Other Enclosed Spaces. *Journal Atmospheric Environment*. 33(1999): 1187-1203.
- Hadi, Sudharto P. 2013. *Manusia dan Lingkungan*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

- Hardiman, Gagoek. 2013. *Arsitektur Yang Responsif Terhadap Iklim Tropis Lembab*. Pidato Pengukuhan Upacara Penerimaan Jabatan Guru Besar Ilmu Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang: 16 November.
- Karyono, T. Harso. 2010. *Green Architecture – Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Khan, N. Yuehong Su dan Saffa B. Rifat. 2008. A Review on Wind Driven Ventilation Techniques. *Journal Energy and Buildings*. 40(2008): 1586-1604.
- Koenigsberger, O.H et.al. 1973. *Manual of Tropical Housing and Building – Part One: Climatic Design*. Bombay: Orient Longman.
- Lechner, Norbert. 2001. *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects*. John Willey & Sons Inc. Terjemahan Sandriana Siti. 2007. *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur*. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada.
- Lippsmeier, Georg. 1980. *Tropenbau Building in the Tropics*. Edisi Kedua. Munchen: Verlag Georg D.W. Callwey. Terjemahan Syahmir Nasution. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mangunwijaya, Y.B. 1994. *Pengantar Fisika Bangunan*. Cetakan Keempat. Jakarta: Djambatan.
- Muhaisen, A. S. 2006. Shading Simulation of the Courtyard Form in Different Climatic Regions. *Buildings and Environment*. 41(2006): 1731-1741.
- Olgay, Victor. 1962. *Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press.
- Rahim, H.M. Ramli. 2012. *Fisika Bangunan Untuk Area Tropis*. Bogor: IPB Press.
- Rajapaksha, I., H. Nagai dan M. Okumiya. 2003. A Ventilated Courtyard As A Passive Cooling Strategy In Warm Humid Tropic. *Journal Renewable Energy*. 28(11): 1755-1778.
- Rapoport, Amos. 1969. *House Form And Culture*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.

- Reynolds, John S. 2002. *Courtyards: Aesthetic, Social and Thermal Delight*. New York: John Willey & Sons Inc.
- Sadafi, Nasibeh. Elias Salleh. Lim Chin Haw dan Zaky Jaafar. 2008. Potential Thermal Impacts of Internal Courtyard in Terrace House: A Case Study in Tropical Climate. *Journal of Applied Sciences* 8(15): 2770-2775.
- Satwiko, Prasasto. 2009. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Setioko, Bambang dan Erni Setyowati. 2013. *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Soegijanto. 1998. *Bangunan Tropis di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Szokolay, S.V. 2008. *Introduction to Architectural Science – The Basic of Sustainable Design*. Second Edition. Oxford: Architectural Press.
- Widiyananto, Eka. 2013. Pengaruh Pola Bayangan Terhadap Suhu Permukaan Ruang Luar Di Perumahan Taman Cipto Cirebon. *Tesis*. Program Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro. Semarang.